

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE QUÍMICA E INGENIERÍA**  
**QUÍMICA**

**Fundamentos y técnica para la utilización de caliza en  
la corrección de acidez de los suelos de la Amazonía  
peruana**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería  
Química

**AUTORES**

Carmen Adela ORIHUELA RIVERA

Manuel Roman ORIHUELA RIVERA

Lima - Perú

1975

DEDICADO A NUESTROS QUERIDOS PADRES

Ing. Don

JORGE VICTOR ORIHUELA MANIQUANO

y

Profesora Doña

ADELA RIVERA QUINTANA

A QUIENES DEBEMOS TODO LO QUE SOMOS Y TENEMOS,

CON PROFUNDO CARINO Y GRATITUD

AGRADECIMIENTO :

A NUESTROS DILECTOS PROFESORES

Ing°. Don GUILLERMO TANTALEAN VANINI

Ing°. Don LUIS ALVA SALDAÑA

Ing°. Don ANTONIO MORAN VIANA

Ing°. Don JOSE MARIA CORDOVA GODOY

NUESTRO AGRADECIMIENTO A LA:  
COMUNIDAD DE RELIGIOSAS SIERVAS DE MARIA  
DE MANERA ESPECIAL A :  
Rvda. Madre Superiora MONSERRAT,  
Sor ISABEL , Sor ESPERANZA y Sor CARMEN





"FUNDAMENTOS Y TECNICA PARA LA APLICACION DE CALIZA  
EN LA CORRECCION DE LA ACIDEZ DE LOS SUELOS  
DE LA AMAZONIA PERUANA"

INDICE

	Página
Solicitud de sustentación .....	
Carátula.....	I
Agradecimientos .....	II-IV
Indice .....	V-XI
Resumen .....	XII
Introduccion .....	XIII-XIV
Aplicacion en el Perú .....	XV
Estudio de Mercado .....	XVI-XVIII
Localizacion de la Planta .....	XIX-XX
- Plano de ubicacion de la planta de Trituración .....	XXI
- Plano de ubicacion de la planta de Molienda .....	XXII

FUNDAMENTOS

CAPITULO PRIMERO

DATOS GENERALES SOBRE CALIZAS

A.- Definiciones básicas .....	2
B.- Clasificación de calizas.- Tipos mineralógicos .....	3-7
C.- Propiedades de las calizas .....	8-12
D.- Analisis químico de calizas .....	13-27

CAPITULO TERCEROMETODOLOGIA EMPLEADA

A.- Descripción del método empleado para la determinación de la cantidad de caliza requerida .....	69
B.- Muestreo .....	70
C.- Resultados de los analisis de calizas .....	71
D.- Determinaciones .....	72
D1.- Medida del pH .....	72-74
D2.- Medida del aluminio intercambiable .....	75-76
E.- Experimentación .....	76
E1.- Preparación de las muestras de suelo .....	76-78
E2.- Control de experimento .....	79
E3.- Datos experimentales .....	79
E3a.- Medida del pH .....	79-83
E3b.- Medida del aluminio intercambiable .....	84-86
E4.- Trazado del gráfico:	
pH Vs. meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra suelo.....	86
E5.- Calculo de la cantidad de caliza requerida .....	87-89
E6.- Cálculo del aluminio intercambiable .....	89
F.- Resultados .....	90-91
G.- Discusion de resultados .....	92

## VIII

### T E C N I C A

#### CAPITULO CUARTO

#### TECNOLOGIA GENERAL

A.- Prospección de los yacimientos.....	94
A1.- Criterios de prospección .....	94
B.- Explotación de los yacimientos calizos .....	94-95
C.- Descripción de las separaciones de planta para la preparación de harina de caliza .....	95
C1.- Separación de mecánica por tamaños .....	96
C2.- Trituración .....	97
C3.- Molienda .....	97
C4.- Almacenamiento .....	98
C5.- Manipulación del material .....	99- 100
D.- Plano de perfil de la planta de trituración Plano N° T-2 .....	101
E.- Plano de perfil de la planta de molienda (Plano N° 2) .....	102

CAPITULO QUINTO

INGENIERIA

A.-Cálculo de diseño y selección del equipo de planta .....	103
A1.- Equipo de reducción de tamaño .....	103
A1a.- Trituración .....	104
A1am.- Cálculo de la potencia .....	104
A1an.- Selección de la trituradora .....	104-105
A1b.- Molienda .....	106
A1bm.- Cálculo de la potencia .....	106
A1bn.- Selección del equipo .....	106
A2.- Equipo de separación mecánica por tamaños .....	107
A2a.- Tamiz emparrilado .....	107
A2b.- Tamiz fijo (grizzly) .....	107
A2bm.- Cálculo del área de cribado .....	107-108
A2bn.- Cálculo de las dimensiones básicas ....	108-109
A3.- Equipo de almacenamiento de material .....	110
A3a.- Diseño de la tolva de gruesos (N° 1, N° 2) ...	110-111
A3b.- Diseño de la tolva N° 3 .....	112
A3c.- Diseño de la tolva de finos .....	113
A4.- Equipo de manipulación de material .....	114-116
B.- Balance de energía .....	117-121
C.- Equipo auxiliar de almacenamiento .....	122-125
D.- Plano de distribución de las instalaciones de la planta de trituración (Plano N° T-3) .....	126
E.- Plano de distribución de las instalaciones de la planta de molienda (Plano N° M-3) .....	127

CAPITULO SEXTO

ECONOMIA

A.- Capital total de inversión .....	130-136
A1.- Inversión fija .....	130-134
A2.- Capital de trabajo .....	135
B.- Costo total de producción .....	136-145
B1.- Costo de operación .....	136
B1a.- Costos directos de producción .....	136-139
B1b.- Estimación de costos fijos .....	140-142
B1c.- Recargo de planta .....	143
B2.- Gastos generales .....	144
B2a.- Gastos administrativos .....	144
C.- Estimación de ingresos, egresos y utilidad .....	146
D.- Evaluación económica .....	147
D1.- Retorno de la inversión .....	147
D2.- Tiempo de retorno .....	147
D3.- Punto de equilibrio .....	148

CONCLUSIONES .....	149-150
RECOMENDACIONES .....	151
BIBLIOGRAFIA .....	152-160

Anexos:

N° 1 Influencia de la reacción del suelo sobre la asimilibilidad de los elementos nutrientes.....	162
N° 2 Límite del pH favorable para diferentes cultivos	163-165
N° 3 Relación de índices de pH de diferentes lugares del Perú .....	166-168
N° 4 Mapa Geológico generalizado del Perú .....	169
N° 5 Costo de denuncia y exploración .....	170-171
N° 6 Costo del equipo de planta .....	172-178
N° 7 Costo de edificación para maquinarias, oficinas, y servicios .....	179-180
N° 8 Servicios industriales .....	181
N° 9 Costo de labor operativa .....	182-183
N° 10 Resumen de costos variables a 100% de la capacidad instalada .....	184

RESUMEN

El presente trabajo está destinado a la productividad agraria particularmente a los lugares donde la precipitación pluvial, humedad ambiental son intensas y la naturaleza de sus suelos hacen propicia su acidez : Selva de la Amazonia Peruana. Comprende los FUNDAMENTOS Y TECNICA para la Utilizacion de Caliza en la corrección de acidez de suelos.

De las observaciones se ha obtenido que la aplicación de la corrección calcrea bajo la forma de harina de caliza en una cantidad igual a la acidez cambiante, fue suficiente para elevar el pH y reducir la acidez que presentaban las muestras de suelos, anulándose el efecto del Aluminio cambiante. Así mismo se encontró que el tamaño de partículas calizas e de mayor eficacia fueron las correspondientes a la fracción : -60 y 100 Mallas (Tyler ), en un tiempo relativamente corto.

Proyectando los resultados anteriores, la zona muestrada requiere un suministro promedio de 15 TM/Ha, efectuándose la edición anual ó bianual (según los análisis edafológicos).

En el Perú no existen centros industriales de producción de Harina de caliza para tales fines, pues la explotación y la producción de cal están destinados casi totalmente para fines de obras civiles y otras para su abastecimiento.

Gran parte de los proyectos inversionistas agropecuarios para la zona selvática están orientados al área de Pucallpa y en coordinación con ellos se ha planteado la instalación de una planta Productora de Harina de Caliza para actividades agrícolas, con una capacidad instalada de 225 TM/día (de acuerdo a la tasa de incorporación a suelos fértiles en esa zona), con una inversión de S/.34'555,982.00 , la cual por razones económicas se ha resuelto en dos Plantas : Una de Trituración (en Agua Caliente) y otra de Molinada (Ciudad de Pucallpa), cuyos índices económicos son muy alentadores a los inversionistas.





## INTRODUCCION

Por evos el hombre peruano ha surcado con su cultura por el océano humanista de la historia. Los suelos del ande, de la costa y de la selva fueron escenario como lo sigue siendo hoy. La ingeniería Química orientada a su técnica hacia el incremento alimenticio reitera solamente su tradicional actitud cósmica: el hombre como motivo fundamental y esencial de sus inquietudes, de sus esfuerzos y sus logros. Domestó tierras, vegetales y animales ofreciendo así a la humanidad de todos los tiempos un tributo al género humano.

El trabajo que presentamos como tesis para optar el Grado de Bachiller en ingeniería Química es un grano más de arena que se suma a la montaña del aporte peruano a la humanidad.

En la mayor parte del mundo la preparación del medio adecuado para el crecimiento de las plantas exige la adición de materiales calizas y fertilizantes.

La adición de estas sustancias modifican ciertas propiedades coloidales de la fracción arcilla del suelo, debido a la interacción del fenómeno de adsorción de cambio. Los diversos cationes, debido a su tamaño, carga e hidratación son adsorbidos selectivamente por las arcillas del suelo. La adsorción de cationes por los minerales de arcilla está relacionada con el tipo de minería que se trate y con las fuerzas a las que se debe este cambio.

A parte de su acción neutralizadora, la adición de caliza adecuadamente preparada, favorece la solubilidad y disponibilidad tanto de los iones nutrientes en el suelo como los que se adicionan bajo la forma de fertilizantes tales como fósforo, nitrógeno, potasio, etc.

En realidad el problema que se presenta en los suelos ácidos, es la existencia de considerables cantidades de aluminio intercambiable y en menor grado el de fierro y de manganeso. Estos aumentan la acidez y limitan el crecimiento de los vegetales, por su acción tóxica y por disminuir la disponibilidad de los elementos necesarios para el normal desarrollo de las plantas.

Entonces para realizar una adecuada explotación agrícola de los suelos ácidos requieren la utilización efectiva de técnicas de fertilización y la corrección de la acidez, de tal forma que se eleve su bajo nivel de fertilidad.

A P L I C A C I O N   E N   E L   P E R U

Se ha obtenido algunos informes relativos al empleo de harina de caliza en la corrección de acidez de suelos agrícolas. De ellos se sabe que la aplicación se hace en pequeñas cantidades, no estando regidas por criterios técnicos, tan sólo gobernadas por apreciación personal de los usuarios.

Sobre el uso de cal para la misma finalidad si existe mayor información, aún ellos no están precedidos por análisis edafológicos. En los terraplenes de algunas pistas de la Universidad Nacional de Ingeniería se ha utilizado cal para obtener aquello que llaman estabilización de suelos, sin su previo análisis de suelo.

En el mapa geológico que se inserta en el ANEXO N° 4 muestra los terrenos aflorantes en el Perú de los cuales todos ellos contienen estratos calcáreos de diversas edades y potencias. Así en las áreas de suelos francamente ácidos que están contenidos en la zona selvática, el Terciario inferior y Cretáceo superior presentan algunas formaciones calizas como la llamada de CHONTA, ubicadas en el río Pachitea que contiene depósitos petrolíferos. Sobre el Ucayali en las proximidades de Orellana existen pequeñas formaciones calizas de poca potencia.

La circunstancia especial de que los combustibles orgánicos, carbones y petróleo son recursos violentamente agotables orienta la idea del uso de caliza como corrector de acidez en comparación con la cal. De suerte que la perspectiva para la caliza es promisoría.

### ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de Mercado de una Planta de Harina de Caliza para la corrección de Acidez de los suelos de la Amazonia Peruana se ha basado en los siguientes puntos:

- 1.- No existen en el Perú plantas industriales dedicadas exclusivamente a la producción de Harina de Caliza para tal fin.
- 2.- Se desconoce en la zona estudiada la corrección de acidez de suelos por falta de dirección técnica.
- 3.- Que la explotación de caliza y la producción de Cal por parte de empresas comerciales estan dedicadas casi en su totalidad para fines de obras civiles y otras para su autoabastecimiento tal es el caso de centros mineros, siderúrgicos, fabricas de ladrillos refractarios, etc.

Las plantas existentes en el Perú dedicadas a la producción y comercio de cal son las siguientes:

RAZON SOCIAL	CIUDAD	TIPOS DE PRODUCTOS
Ma rcelo Maurtua	Lima	Cal hidráulica, cal apagada
Agroquímicos Calchacón SA	Lima	Cal viva, cal apagada
Peruvian Chemical	Talara	Cal hidráulica, cal viva
Ind. Calchacón Carilla	Lima	Cal hidráulica
Raul Vasquez	Lima	Cal apagada
Romulo Otoyá	Chiclayo	Cal hidráulica
Fca. Carbocal	Lima	Cal viva, cal apagada.

Cuyo volumen de producción total abastece escasamente la demanda local (según información del M.I. y T.).

4.- La mayor parte de los proyectos nacionales para desarrollo agropecuario y agrícola selvático son destinados a la zona de Pucallpa, comprendiendo para ganadería áreas de 12,500 Ha a utilizar en pastos cultivados a una inversión de: S/. 455'659,000.00 dentro de los años de 1975 a 1980 y para agricultura extensiones mayores de 50,000 Ha a largo plazo a una inversión muy superior a la referida anteriormente, tal como se manifiesta en el "ESTUDIO SOCIO ECONOMICO DE PUCALLPA" del sector agricultura.

5.- Que los índices productivos de los suelos estudiados son bajos debido a la acidez, pero según los realizados, por la Universidad Nacional Agraria pueden elevarse hasta un 300% de rendimiento efectuado la corrección.

De lo anterior se desprende que, de llevarse a cabo lo manifestado en el punto N° 4, el mercado para una Planta de Harina de Caliza estará asegurado.

Se ha determinado que como paso previo a una producción en gran escala, la instalación de una Planta Piloto con una capacidad igual al régimen de incorporación de suelos útiles, estimado en 4,500 Ha/año entre 1980-1985 (según información del Ministerio de Agricultura) y teniendo en cuenta que el suministro promedio de harina de caliza es de 15 TM/Ha, implique que el tamaño de la Planta de Harina de caliza sea de 67,500 TM/Ha. Y una capacidad de

-XVIII-

operación inicial igual al régimen de incorporación actual ,  
1975 a 1980, estimado en 3000 Ha/año.

### LOCALIZACION DE LA PLANTA

La localización de la Planta Productora de Harina de Caliza para la corrección de acidez de los suelos de la Amazonia Peruana con fines agronómicos, ha dependido en primer término de la situación-accesibilidad del yacimiento calcáreo dentro del área agrícola de reacción ácida y de mayores proyectos de inversión agraria, es decir, la zona de Pucallpa, siendo para éste los yacimientos más próximos los existentes en Agua Caliente (rio Pachitea). Y en segundo término las facilidades de mano de obra, servicios, combustible, vías de transporte y efectos sociales.

Conocida la técnica de producción de harina de caliza (Capítulo Quinto), el proceso ha requerido de dos plantas, una de Trituración y otra de Molienda, para cuyas localizaciones se propusieron tres alternativas:

Alternativa N° 1: Planta de Trituración y Molienda, ubicadas en el mismo yacimiento (Agua Caliente- rio Pachitea)

Alternativa N° 2: Planta de Trituración y Molienda en la ciudad de Pucallpa.

Alternativa N° 3: Planta de Trituración en el Yacimiento (Agua Caliente-rio Pachitea) y planta de Molienda en la ciudad de Pucallpa.

La discusión de estas tres alternativas se muestra en el siguiente cuadro:

	ALTERNATIVA Nº 1		ALTERNATIVA Nº 2		ALTERNATIVA Nº 3		PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE	PUNTAJE
	PLANTA DE INSTRUCCIÓN MOIENDA EN POCALPA	PUNTAJE	PLANTA DE INSTRUCCIÓN EN AGUA CALIENTE (no Pucallpa)	PUNTAJE	PLANTA DE INSTRUCCIÓN EN AGUA CALIENTE (no Pucallpa)	PUNTAJE					
1.- MATERIA PRIMA	- No existen pastos - Muy buena - Excelente	6	- Excelente por uso de explotación - Buena - Excelente	15	- Buena para el uso de explotación - Buena - Excelente	15					
2.- COMBUSTIBLE	- Excelente - Buena - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente	11	- No disponible - No disponible - No disponible - No disponible - Buena	3	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Buena	15					
3.- MANO DE OBRA Y SERVICIOS	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente	15	- No disponible - No disponible - No disponible - No disponible - Buena	3	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Buena	15					
4.- VEHICULO	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente	15	- No disponible - No disponible - No disponible - No disponible - Buena	3	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Buena	15					
5.- TRANSPORTE	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente	15	- No disponible - No disponible - No disponible - No disponible - Buena	3	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Buena	15					
6.- VÍAS DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente	15	- No disponible - No disponible - No disponible - No disponible - Buena	3	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Buena	15					
7.- CRECIMIENTO SOCIAL	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Excelente	15	- No disponible - No disponible - No disponible - No disponible - Buena	3	- Excelente - Excelente - Excelente - Excelente - Buena	15					
PUNTAJE TOTAL		39		27		27					120



Del cuadro anterior se determinó que la alternativa N° 3 es la más adecuada desde el punto de vista técnico y económico, localizándose la planta de Trituración en el mismo yacimiento (Agua caliente-río Pachitea) y la Planta de Molienda en los alrededores de la Ciudad de Pucallpa, tal como se muestran en los planos N° T-1 y N° M-1.

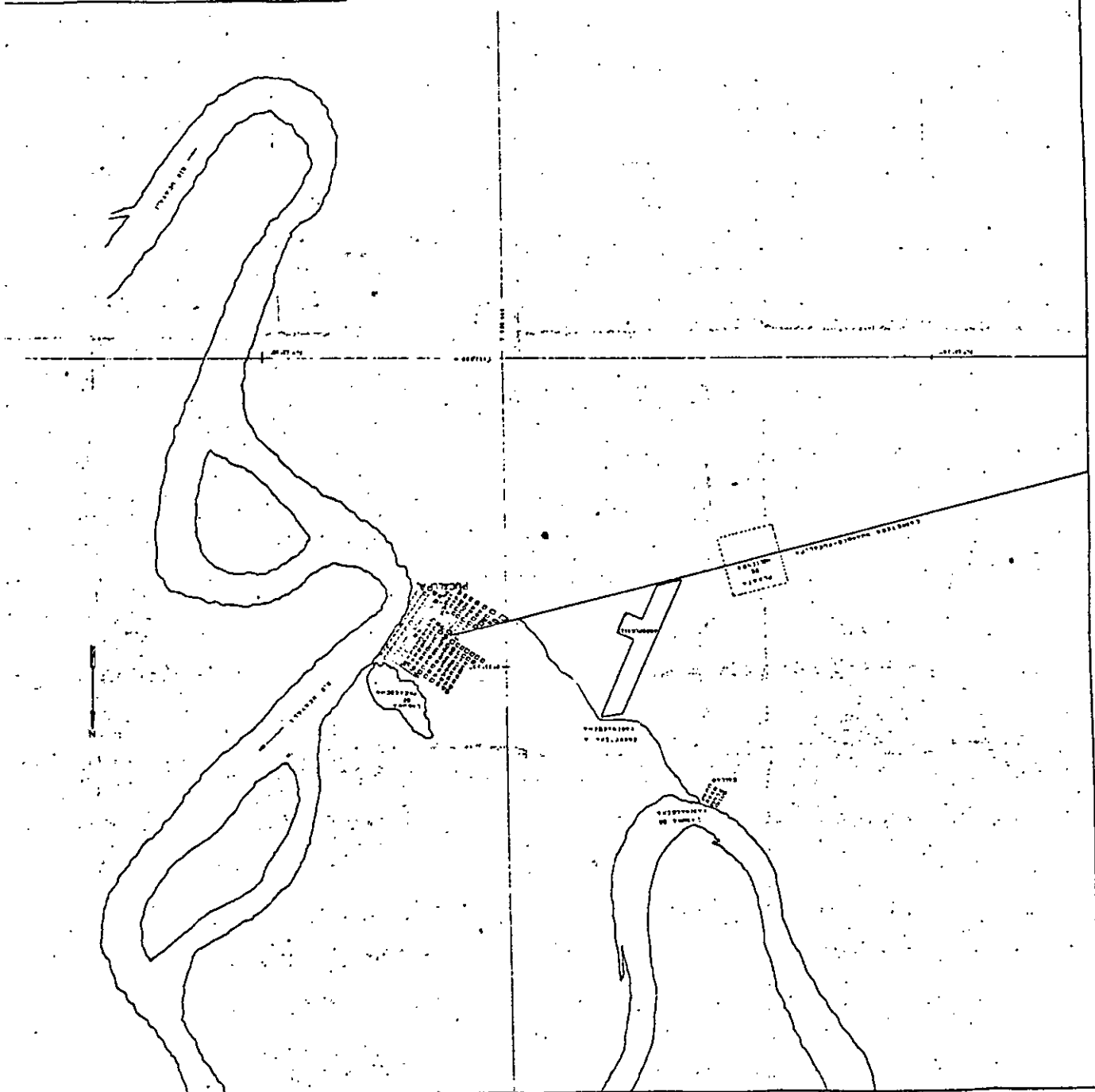
-XXI-

PLANO DE UBICACION DE LA PLANTA DE TRITURACION



ALABO DE CUBILOCION DE LA PLANTA DE MOTILINDA

UBICACION DE LA PLANTA DE MOLENDON	
Calle 13 - Correo P.O. Box 100	
Escala 1:1000	
Fecha: Septiembre 1975	
Plano No. M-1	
Programa Académico de Química e Ingeniería Química	
Tesis que presentan	
CARMEN A. ORTIZ GUERRA y MANUEL R. ORTIZ GUERRA	
para optar el grado de Bachiller en Ingeniería Química	



FUNDAMENTOS Y TECNICA PARA LA UTILIZACION DE CALIZA  
EN LA CORRECCION DE ACIDEZ EN LOS SUELOS DE LA AMAZONIA PERUANA

FUNDAMENTOS

## C A P I T U L O

## P R I M E R O

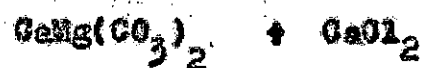
### DATOS GENERALES SOBRE CALIZAS

#### A.- DEFINICIONES BASICAS

Una caliza es una roca sedimentaria que se compone esencialmente de  $\text{CaCO}_3$ , con pequeñas cantidades de  $\text{MgCO}_3$ , sílice, Fe, Al, Li, Zn, S, P, K y materia orgánica. La sílice puede hallarse en forma de cuarzo ó como un silicato insoluble, tal como la arcilla o el feldespato. El azufre puede hallarse como  $\text{FeS}_2$  ó como  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Los diversos metales se encuentran de ordinario como óxidos ó como carbonatos.

La mayoría de las calizas están formadas por organismos fosilizados tales como foraminíferos, braquiópodos corales, moluscos y crinoides. Sucede que en la mayoría de los casos la presión de las rocas superpuestas han destruido el carácter fosilífero original.

Si el contenido de  $\text{CaCO}_3$  aumenta gradualmente en una caliza, ella pasa a ser una caliza dolomítica que es una mezcla de dolomita y calcita, y finalmente a conformar la dolomita normal cuya composición sería de 54.35%  $\text{CaCO}_3$  y 45.65%  $\text{MgCO}_3$ . La dolomita pura es un poco más pesada y dura que la calcita y no tiene tanta efervescencia cuando se la trata con los ácidos fríos diluidos. Se cree que muchas de ellas son el resultado de soluciones magnésicas del agua de mar de agua subterránea que reaccionan con la caliza, según se indica en la siguiente reacción.



## B.- CLASIFICACION DE CALIZAS

Siendo el componente el  $\text{CaCO}_3$ , el principal, éste es dimorfo y presenta modificaciones en los sistemas hexagonal (calcita y colemita) y rómbico.

En seguida se muestra una descripción breve de cada uno de los tipos de calizas.

### B1.- CALCITA

La calcita (espato de islandia)  $\text{CaCO}_3$ , pertenece al sistema hexagonal, clase ditrigonal escalenoédrica, su habitus varía considerablemente pudiendo ser romboédrica obtuso ó agudo, tubular, prismático largo.

Dureza : 3

Peso específico: 2.73

Brillo : Vítreo a terroso

Exfoliación : Romboédrica perfecta ( $105^\circ$ )

Volumen molecular : 36.8

La caliza es normalmente incolora, blanco ó amarillenta, aunque puede tener otro color. Las variedades transparentes presentan doble refracción.

La calcita se puede distinguir del aragonito por la prueba de Meigen que consiste en hervir un poco de polvo de este material en una disolución de  $\text{CoNO}_3$ .

El polvo de Calcita no cambia de color, ó en todo caso se



un color amarillo pálido, mientras que el polvo de aragonito toma un color lila.

**Bla.- VARIEDADES DE CALCITA.-**

Las variedades de calcita podemos agruparlas de la siguiente forma:

**Blan.- CALCITAS ORDINARIAS**

Abarcan cristales y masas de exfoliación fibrosa, existiendo los siguientes tipos:

- Espato de Islandia.- Incoloro, con doble refracción y transparentes.
- Espato diente de perro
- Espato satinado

**Blan.- CALIZAS**

Esta sección comprende las variedades no cristalinas las cuales se presentan con carácter de roca. De origen por lo general orgánico; de fractura concoide a astillosa; blancas, amarillos, gris, rojizas con impurificaciones de arcilla, pudiéndose encontrar los siguientes tipos:

- Calizas Magnesianas o Dolomíticas.-

De diversos porcentajes de carbonato

- d e magnesio y sus mezclas mecánicas de calcita y dolomita.
- Calizas Litográficas.- Caliza compacta de grano fino uniforme, útil para la litografía.
  - Caliza Ferruginosa.- De alto contenido d e fierro.
  - Calizas Hidráulicas.- Calizas impuras, que tienen de 10 a 14% de arcilla como impurezas. Se emplean en la fabricación de cemento.
  - Calizas Fosfáticas.- Son calizas que poseen arriba de 5% de Fósforo. Estas son originadas por invertebrados (organismos marinos) los cuales contienen fósforo.
  - Caliza s bituminosas.- Llamadas así debido a la presencia de gran cantidad de materia orgánica, tal como la turba, el asfalto natural, estas calizas tienen un olor bituminoso característico cuando se les golpea.
  - Limaquelas.- Es una caliza formada por masas de restos de animales marinos, conchas de moluscos, etc.
  - Calizas Colíticas.- Estan compuestas de

pequeñas concreciones esferoidales.

- Calizas Pisolíticas.- Cuando las concreciones son de mayor tamaño y parecidas a un guisante.

**Bleo.- MÁRMOL**

Los mármoles son calizas que tienen estructura cristalina fina y generalmente son calizas metamorfoseadas, incluyen el tipo que se pulimenta para fines decorativos.

**Blap.- CRETA Y MARGA.-**

Son calizas de naturaleza blanda a terrosa.

- Creta.- constituye un tipo de  $\text{CaCO}_3$  de grano fino, grisáceo compuesto principalmente de restos foraminíferos.
- Marga.- Depósito calcáreo mezclado con arcilla y arena. Con frecuencia contienen restos de conchas. Se emplean para la fabricación de cemento.

**Blaq.- DEPOSITOS DE CUEVAS**

Estos depósitos son provenientes de la lixiviación de yacimientos calcáreos por las aguas subterráneas cargadas de  $\text{CO}_2$ , originándose depósitos

característicos de carbonato de Calcio, los cuales pueden llamarse:

- Travertinos.- Depósitos calizos que se forman alrededor de fuentes de aguas calcáreas, frías ó calientes. Normalmente son porosas y contienen ramitas, hojas y restos orgánicos.
- Toba calcárea.- De igual origen que los travertinos pero son mucho más blandos y más porosos.
- Mármol ónice.- Son depósitos calizos compactos de estructura cristalina, con frecuencia a bandas traslúcidas, de colores.

**E2.- DOLOMITA (espato perla do)**

Espato , es otra forma como se le puede encontrar al carbonato de Calcio; pertenece al sistema hexagonal, clase trigona 1 romboédrica y tiene las siguientes características:

Dureza : 3 .5 a 4

Peso o específico : 2.9

Exfoliación perfecta.

Color : Blanco, rojizo, amarillo.

Índice de refracción: 1.679 , 1500.

## **0.- PROPIEDADES DE LAS CALIZAS.-**

Entre las propiedades más importantes de la caliza tenemos:

### **01.- COLOR**

El color que pueden presentar las calizas varían grandemente según la naturaleza de las impurezas que esta n presentes, pudiendo ser entre el blanco o puro y el negro a consecuencia de las impurezas carbonosas.

Las calizas ricas en calcio y las calizas dolomíticas son blancas cuando son altamente puras. La pirita, las marcasita y la siderita alteran el color superficial de la piedra al oxidarse bajo la influencia de agentes atmosféricos.

### **02.- RESISTENCIA.-**

La resistencia de la caliza es muy variable, siendo a la compresión entre 98.4 y 583 .5Kg/cm<sup>2</sup>

### **03.- DENSIDAD**

Dada la gran variabilidad de tipos de calizas existentes, la densidad depende de muchos factores tales como la humedad, la textura y la porosidad del material. En condiciones de humedad, la densidad puede variar entre 2.242 a 2.89 Kg/cm<sup>3</sup>

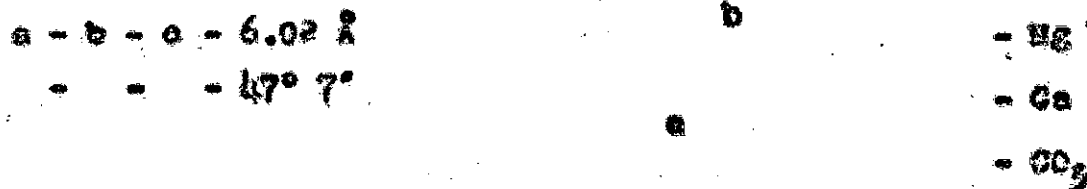
### **04 .-TEXTURA, DUREZA Y POROSIDAD**

La textura, en el sentido en que se aplica este término a las rocas, se refiere al tamaño, uniformidad y disposición de sus granos. Exámenes por difracción de rayos X han revelado que todas las calizas

son cristalinas. En los siguientes dibujos se muestran las celdas unitarias de la calcita y dolomita.



#### Celda unitaria de la calcita



#### Celda unitaria de la dolomita

La porosidad, propiedad muy variable en las calizas, se expresa en % del espacio ocupado por los poros referido al volumen total de la roca. Siendo muy variable de 0.5 % a 15%. Las calizas más compactas tienen un grado elevado de porosidad y pesan hasta no más de 1.922 Kg/cm<sup>3</sup>. La porosidad afecta la curación de la piedra, porque el agua infiltrada y congelada hace que ella sea resquebrajable.

En cuanto a la dureza ésta es muy variable, siendo para la calcita pura el valor de 3 en la escala de Mohs, para el aragonito de 3.5 a 4 y para las calizas comerciales de 2 a 4.0

**05.- INDICE DE REFRACCION**

Los cristales de calcita y aragonito poseen propiedades refractivas mayores que la dolomita. El aumento del contenido de Hierro principalmente son la causa de las variaciones del índice de refracción. Los cristales de calcita muestran doble refracción, en contraste con la dolomita que produce doble refracción negativa.

**06.- ESTABILIDAD QUIMICA.-**

Las calizas calcíticas y dolomíticas son sustancias químicamente estables. Su descomposición nunca ocurre a temperaturas ordinarias. Tampoco son afectados por soluciones acuosas libres de anhídrido carbónico. Su descomposición ocurre solamente a altas temperaturas 600°C ó haciéndolas reaccionar con ácidos fuertes. El ácido carbónico ó soluciones de CO<sub>2</sub> son los disolventes más poderosos para las rocas a calizas.

El Bicarbonato de Calcio es un compuesto inestable que se forma por la acción del ácido carbónico sobre la roca caliza según la siguiente reacción:



similarmente ocurre en la s calizas dolomíticas.

## C7.- SOLUBILIDAD

Las rocas calizas son virtualmente insolubles en soluciones acuosas libres de anhídrido carbónico, pero si se incrementa la presión parcial del  $\text{CO}_2$  la solubilidad aumenta hasta un punto donde puede ser caracterizado como soluble.

Muchos investigadores han estudiado la solubilidad bajo distintos factores tales como a diferentes temperaturas, variaciones de presión y el efecto de las sales a distintas concentraciones, obteniéndose resultados discrepantes, esto es debido a la divergencia en los procesos seguidos en el laboratorio, condiciones de prueba y la calidad de la muestra. Los siguientes valores son los resultados más apreciables que se han encontrado, así: La solubilidad de la calcita a la temperatura de 17 a 25° en soluciones acuosas libres de  $\text{CO}_2$  es de 0.014 gr/lt. Si la temperatura es incrementada hasta 100°C la solubilidad también se incrementa hasta 0.03 gr/lt.

No se disponen de datos sobre la solubilidad de la dolomita y la poca información son contradictorias.

El aragonito ha sido estudiado grandemente y se ha obtenido que cerca del 7% más soluble que la calcita a toda temperatura. La solubilidad puede ser incrementada a todas las calizas cerca de 13 % con una pulverización.



08.- pH

Todas las calizas son netamente alcalinas con valores de pH entre 8 y 9 dependiendo de la solubilidad de sus soluciones saturadas. Las dolomitas como la calcita tienen valores tan altos porque es más soluble el  $MgCO_3$  dando valores de 9.0 a 9.2 sin embargo se ha podido recopilar información que ellas pueden alcanzar valores hasta de 9.5 a 10.

**D.- ANÁLISIS QUÍMICO DE CALIZAS.-**

El análisis químico de calizas comprende dos etapas:

D1.- De terminación de carbonatos totales :  $\text{CaCO}_3$  (componente principal) y  $\text{MgCO}_3$ .

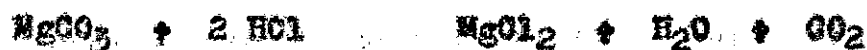
D2.- Determinación de los componentes menores e incluye la verificación del contenido de calcio y magnesio.

La discusión de cada etapa se da a continuación:

**D1.- DETERMINACIÓN DE CARBONATOS TOTALES.-**

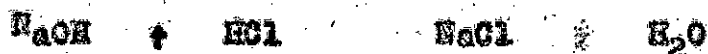
Los carbonatos totales se han determinado mediante un análisis químico volumétrico, que consiste esencialmente en la determinación del volumen requerido de una solución de concentración conocida, solución valorada, para la reacción cuantitativa con un volumen conocido de solución de la sustancia de análisis, aplicándose las leyes de equivalencia química. Las reacciones que ocurren son tan sólo combinaciones interiónicas y de neutralización.

El primer paso consiste en la descomposición de los carbonatos de calcio y magnesio con  $\text{HCl}$  ocurriendo las siguientes reacciones:



verificándose esta reacción por la efervescencia que se produce debido al despreñamiento de  $\text{CO}_2$ .

Para que la descomposición del carbonato sea total se requiere utilizar ácido en exceso, el cual será titulado con NaOH, utilizándose como indicador interno : Fenolftaleína, ocurriendo la siguiente reacción:



identificándose el punto final de la titulación por el cambio de color que sufre el indicador (incoloro- rosado).

#### Calculos.-

Se ha considerado la siguiente nomenclatura:

$V_T$  - Volumen total de HCl empleado , ml.

$N_{\text{HCl}}$  - Concentración en meq./ml de HCl empleado.

$V_1$  - Volumen de HCl necesario para descomponer los carbonatos presentes, ml.

$V_2$  - Volumen en exceso de HCl , ml.

$V_1'$  - Volumen de NaOH necesario para neutralizar el exceso de HCl , ml.

$N_{\text{NaOH}}$  - Concentración en meq./ml de NaOH empleado.

#### Calculo de $V_2$

En el punto de equivalencia :

$$\# \text{ meq HCl} = \# \text{ meq NaOH}$$

$$V_2 N_{\text{HCl}} = V_1' N_{\text{NaOH}}$$

$$V_2 = (V_1' N_{\text{NaOH}}) / N_{\text{HCl}}$$

Cálculo de  $V_1$

Sabemos que:  $V_T = V_1 + V_2$   
 $V_1 = V_T - V_2$

Cálculo del peso de carbonato de  $\alpha$  componente

Siendo el componente principal el  $\text{CaCO}_3$ , el cálculo se realiza suponiendo que todo el carbonato es  $\text{CaCO}_3$ .

En el punto de equivalencia:

$$\begin{aligned} 8 \text{ meq } \text{CaCO}_3 &= 8 \text{ meq } \text{HCl} \\ &= V_1 \cdot N_{\text{HCl}} \end{aligned}$$

$$\text{Peso de } \text{CaCO}_3 \text{ gr.} = \text{meq } \text{CaCO}_3 \times \text{peso meq } \text{CaCO}_3$$

$$\begin{aligned} 8 \text{ CaCO}_3 &= \frac{\text{Peso de } \text{CaCO}_3 \text{ gr.}}{\text{Peso de muestra gr.}} \times 100 \end{aligned}$$

D 2- DETERMINACIONES DE LOS COMPONENTES MENORES EN LAS CALIZAS

Comprende:

D2m.- Determinación de humedad

D2n.- Determinación de pérdida por calcinación

D2o.- Determinación de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (componentes menores) y  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  (verificación).

realizándose mediante análisis gravimétrico y volumétrico ( $\text{Fe}^{+++}$  y  $\text{Ca}^{++}$ ).

En el análisis gravimétrico se han empleado dos métodos:

### Método de volatilización o desprendimiento

Consiste en la eliminación de componentes en forma de compuestos volátiles efectuándose por:

- Por simple calentamiento al aire (eliminación de humedad).
- Por tratamiento con un reactivo que transforme el componente que se desea eliminar en un compuesto volatilizable (eliminación de  $\text{CO}_2$  del  $\text{CaCO}_3$ ).

utilizándose en ambos casos la determinación indirecta, es decir, calculándose el compuesto volatilizado por diferencia de pesadas.

### Método de precipitación

El componente que se determina ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgP}_2\text{O}_7$ ) se precipita de la solución en forma de un compuesto de baja solubilidad de tal manera que las pérdidas por la misma propiedad sean desestimables, separándose el precipitado por filtración y pesándose después de haberlo sometido a tratamiento que fueran necesarios.

El análisis volumétrico empleando se basa en reacciones de oxidación-reducción, efectuándose por titulación con soluciones valoradas de sustancias oxidantes ó reductoras.

D2m .- DETERMINACIONES DE HUMEDAD

Trata sobre la pérdida de agua por la acción del calor. Esta determinación se realiza en estufa a 110°C, hasta obtener peso constante.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{pérdida de peso de muestra}}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

D2ns.- DETERMINACION DE PERDIDAS POR CALCINACION

En una caliza los diversos metales se hallan de ordinario como óxidos ó como carbonatos. De aquí que para efectuar directamente la calcinación de una muestra de caliza (100°C) se producirá esencialmente la conversión de los carbonatos presentes en sus respectivos óxidos y el desprendimiento de CO<sub>2</sub> según las siguientes reacciones:



el carbonato ferroso si se hallara presente:



en algunos casos se produce también oxidación de la materia orgánica, según:



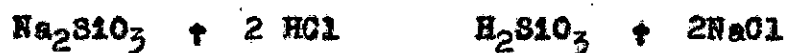
siendo entonces la materia orgánica responsable de una parte de la pérdida de peso.

D2o.- DETERMINACION DE LOS COMPONENTES MENORES (SiO<sub>2</sub>,

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Y VERIFICACION DE CALCIO Y MAGNESIO

Separación de sílice

La sílice puede hallarse en una caliza libre en forma de silicato soluble, o como silicato insoluble. Los silicatos solubles, cuando se tratan con HCl forman sílice hidratada muy dispersa y una solución de iones metálicos (originalmente asociados en el silicato). Los silicatos insolubles se pueden solubilizar mediante una disgregación básica en la que se hace uso de un carbonato ó hidróxido alcalino ó alcalinotérreo. En el caso de una caliza, como ya la misma lleva carbonato de calcio que sirve de flujo en el proceso, no es necesario añadir carbonato ó hidróxido para llevar a cabo la disgregación. De este modo se produce la separación de la sílice según la reacción:



se separan así los ácidos meta y orto-silícico respectivamente. Se pueden representar los ácidos silícicos por la fórmula general  $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ , así :

Acido ortosilícico  $\text{H}_4\text{SiO}_4 (\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$

Acido metasilícico  $\text{H}_2\text{SiO}_3 (\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$

Acido metadisilícico  $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5 (2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$

de modo que, resulten ser sílice hidratada muy dispersa, debiendo ser coagulada y parcialmente deshidratada antes de proceder a su separación por filtración. Para ello, se evapora sequedad la solución de la caliza en ácido y el residuo se mantiene a 105-120°C durante una hora. Después de este tratamiento la sílice puede contener todavía 5 - 10% de agua, pero ha perdido en notable cantidad, su propiedad de dispersarse especialmente en presencia de un ácido o cuyos iones hidrógenos tienden a coagular ó a impedir la dispersión del coloide negativo de la sílice. De esta manera, se separa completamente la sílice que estará insoluble para que no interfiera en el análisis posterior (hierro, aluminio, calcio, y magnesio).

#### Cálculo

$$\% \text{ SiO}_2 = \frac{\text{Peso de SiO}_2 \text{ gr.}}{\text{Peso de muestra g r.}} \times 100$$

#### Separación de $\text{Fe}_2\text{O}_3$ y $\text{Al}_2\text{O}_3$

La separación del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se basa en una reacción de precipitación por acción de  $\text{NH}_4\text{OH}$  sobre la solución exenta de sílice (debido a que los silicatos de hierro y aluminio son escasamente solubles en medio básico).



Las reacciones para la separación son las siguientes:



Inicialmente el  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  se presenta en fase dispersa; pero calentando en presencia de electrolitos, tal como el  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , coagula en una masa gelatinosa que sedimenta; un prolongado calentamiento motiva que los coagulos se rompan dando partículas pequeñas. Siendo el producto de solubilidad del  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  del orden de  $1.1 \times 10^{-36}$  se produce una precipitación total aún en presencia de sales de amonio.

La precipitación del  $\text{Al}(\text{OH})_3$  se produce a 5.4, siendo poco soluble en exceso de  $\text{NH}_4\text{OH}$  la solubilidad disminuye en presencia de sales de amonio, debido al efecto del ión común. En seguida una pequeña proporción del precipitado pasa a solución como  $\text{Al}(\text{OH})_3$  coloidal (estado sol del hidróxido de aluminio), que coagula por ebullición de la solución ó por adición de sales solubles ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) produciendo un precipitado de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  que se conoce como gel de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Manteniéndose el pH dentro del rango de 6.5 a 7.5 a fin que la solubilidad del hidróxido sea mínima, lográndose por la adición de un sistema regulador de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

En caso de existir presente iones ferrosos  $\text{Fe}^{+2}$ , previamente debe oxidarse a  $\text{Fe}^{+3}$  por adición de  $\text{HNO}_3$ , según la reacción:



debido a que el  $\text{Fe}^{+2}$  precipita parcialmente con solución de amoníaco y en presencia de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  el efecto de ión común de los iones amonio disminuye la concentración de los iones  $\text{OH}^-$  hasta un grado tal que no se alcanza el producto de solubilidad del  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  y no se produce la precipitación.

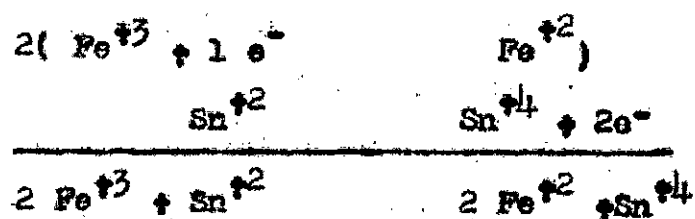
Algo importante es que la presencia de sales de amonio disminuyen la coprecipitación de cationes divalentes como  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ , separándose por filtración el  $\text{Fe}$  y  $\text{Al}$  juntos como hidróxidos insolubles. Ambos hidroxidos son calcinados a  $1100^\circ\text{C}$  hasta óxidos  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Las sales de amonio se volatilizan durante la calcinación. Se calcula entonces:

$$\frac{\%(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3)}{\text{Peso de muestra gr.}} \times 100 = \text{Peso } (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3) \text{ gr.}$$

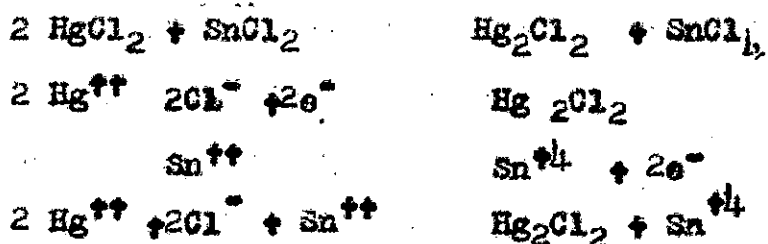
#### Separación volumétrica de Hierro

La determinación del fierro se basa en la reacción cuantitativa del compuesto férrico a ferroso, realizándose ésta por el método del cloruro

estannoso, sobre la disolución de los óxidos de Hierro y Aluminio con HCl caliente (70°-90°). La reducción se efectúa añadiendo a gotas la solución de Cloruro estannoso hasta que el color amarillo de la solución haya desaparecido, ocurriendo la reacción siguiente:



En caso que se añadiera un exceso de  $SnCl_2$ , éste se elimina con una solución de Cloruro mercurico según:

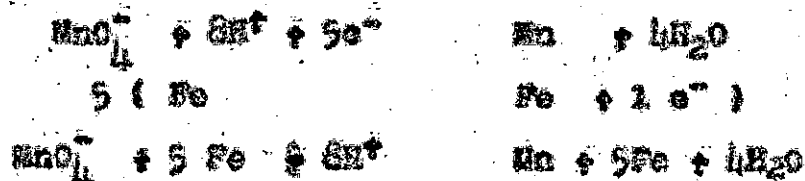


observandose en la solución un débil enturbiamiento blanco, debido al Cloruro mercurioso precipitado. En estas condiciones se determina el fierro ferroso, de la solución resultante por titulación de  $KMnO_4$  (la reacción entre el  $Fe^{+2}$  y el  $KMnO_4$  induce la oxidación del ión cloruro a Cloro, dado que se ha usado HCl en la disolución de los óxidos). Por lo que antes de efectuar la titulación debe agregarse una solución preventiva denominada de Zimmerman y Reinhardt,

(solución de sulfato manganoso fosfórico) para eliminar la interferencia del ión cloruro. El sulfato manganoso disminuye el potencial de oxidación del permanganato por lo que resulta un oxidante más débil y es mucho menor la acción oxidante del  $\text{KMnO}_4$  para los iones Cloruro.

Además el ión manganoso actúa como catalizador positivo aumentando la velocidad de reducción del ión permanganato y como catalizador negativo en la oxidación del ión cloruro. El objetivo del ión fosfórico es disminuir el potencial de oxidación del sistema férrico-ferroso, y de ese modo, aumentar el poder reductor del ión ferroso, dado que el ión fosfórico se combina con los iones férricos amarillos dando iones complejos incoloros, permitiendo de esta manera que el punto final coincida con el punto de equivalencia y para que el cambio de color sea nítido. La titulación debe efectuarse en frío, lentamente; empleando de preferencia una solución valorada de  $\text{KMnO}_4$  0.1N y como indicador la difenilamina, notándose su viraje de incoloro a azul-violeta.

Las reacciones de valoración son las siguientes:



En el punto de equivalencia:

$$\begin{array}{lcl} \# \text{ meq. KMnO}_4 & & \# \text{ meq. Fe} \\ V_{\text{KMnO}_4} \cdot N_{\text{KMnO}_4} & & \# \text{ meq. Fe} \end{array}$$

Pero también :

$$\begin{array}{lcl} \# \text{ meq Fe} & \text{Peso de Fe gr.} & \\ & \text{Peso meq. de Fe gr.} & \end{array}$$

siendo:

$$\begin{array}{lcl} \text{Peso meq. Fe} & \text{PE del Fe gr.} & \\ & \# \text{ de electrones en Redox} & \end{array}$$

$$55.847 \times 10^{-3}$$

$$1$$

Luego:

$$\text{Peso de Fe gr.} (\# \text{ meq Fe}) (\text{peso meq de Fe gr.})$$

$$\text{Peso de Fe gr.} V_{\text{KMnO}_4} N_{\text{KMnO}_4} \times 55.847 \times 10^{-3}$$

$$\% \text{ Fe} \quad V_{\text{KMnO}_4} \cdot N_{\text{KMnO}_4} \times 55.847 \times 10^{-3} \times 100$$

Peso de muestra

$$\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

$$\% \text{ Fe} \times \text{PE. (Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{PE. ( 2 Fe)}$$

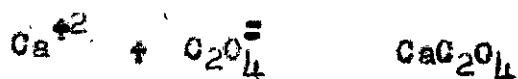
$$\% \text{ Al}_2\text{O}_3$$

$$\% (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3) - \% \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

### Determinación de CaO

La solución para la determinación cuantitativa de calcio, debe estar exenta de  $\text{SiO}_2$ , Fe y Al.

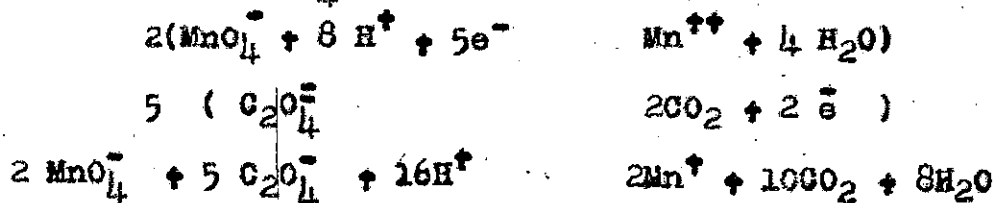
En la primera etapa se precipita el calcio al estado de oxalato insoluble por adición de amonio, separándose el precipitado por filtración y lavado. Según la reacción:



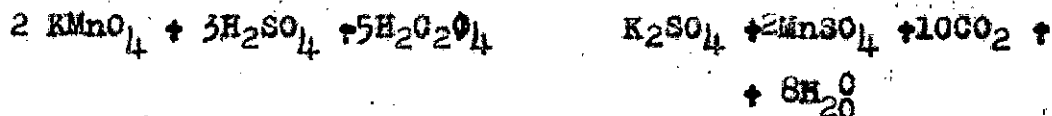
empleándose un exceso de  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} (\text{NH}_4)_2$  para mantener en disolución el  $\text{Mg}^{++}$ . Posteriormente el oxalato de Calcio se disuelve en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diluido, según la reacción



el ácido oxálico liberado se titula con una solución valorada de  $\text{KMnO}_4$ , ocurriendo:



cuya ecuación general será:



En el punto de equivalencia:

# meq.  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

# meq.  $\text{KMnO}_4$

#  $\text{KMnO}_4$  = #  $\text{KMnO}_4$

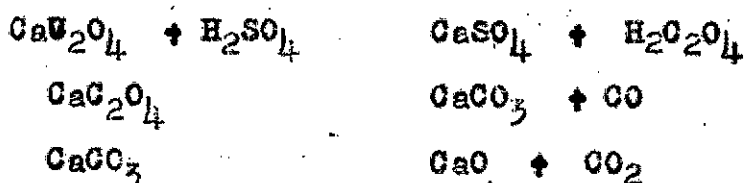
Por otro lado:

$$\begin{array}{l} \# \text{ meq. H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \\ \text{Peso de H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \\ \text{Peso meq. H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \end{array}$$

de donde :

$$\text{Peso de H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \quad (\# \text{ meq. H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times \text{Peso meq. H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \text{ gr.}$$

Teniendo en cuenta las reacciones:



Entonces:

$$\begin{array}{lll} \text{Peso de CaO} & \text{Peso de H}_2\text{C}_2\text{O}_4 & \text{PM. (CaO)} \\ & & \text{PM. (H}_2\text{C}_2\text{O}_4) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \% \text{ CaO} \\ \text{Peso de CaO gr.} \\ \text{Peso de muestra} \end{array} \times 100$$

### Separación de MgO

Esta parte se realiza habiéndose separado consecutivamente :SiO<sub>2</sub>, Fe, Al y Ca.

La separación del Magnesio en forma insoluble se realiza del siguiente modo: En la solución proveniente de la separación del Calcio, el Magnesio se encuentra en solución amoniacal, que debe ser neutralizada por adición de HCl, de modo que en medio ácido, por inmediata adición de PO<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>(NH<sub>4</sub>).

se produce la precipitación del fosfato amónico magnésico hexahidratado, muy poco soluble en agua.

La reacción correspondiente es:



Para hacer menos soluble el precipitado de esta sal magnésica se debe agregar amoníaco en exceso.

En esta forma es más fácil su separación por filtración. Posteriormente se lleva a calcinación el precipitado de  $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , hasta temperatura de  $1100^\circ\text{C}$  convirtiéndose en pirofosfato de Magnesio, según la reacción:



Por lo que el peso del MgO deberá estar dado por:

$$\frac{\text{Peso MgO gr.} \times \text{PM (MgO)}}{\text{Peso de Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 \times \text{PM (Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7)} \text{ gr.}$$

Finalmente:

$$\frac{\% \text{ MgO} \times \text{Peso MgO gr.}}{\text{Peso de muestra gr.}} \times 100$$

Los resultados del análisis de las muestras calizas utilizadas en el presente trabajo son mostradas en la Pag N° 71



C A P I T U L O

S E G U N D O

ESTUDIO QUIMICO DEL SUELO

A.- COMPOSICION DE UN SUELO

Edafologicamente un suelo está constituido por tres fracciones :

A1.- Fracción arena y limo

A2.- Fracción arcilla

A3.- Fracción de componentes no cristalinos

A1.- FRACCION ARENA Y LIMO

Esta fracción incluye partículas de los siguientes tamaños:

Limo : 0.002 - 0.05 mm

Arena fina : 0.050 - 0.20 mm

Arena gruesa : 0.200 - 2.00 mm

y están constituidas por:

- Partículas minerales cristalinas derivadas de la roca primaria y fragmentos de roca.
- Agregados microcristalinos compuestos, tal como el  $\text{CaCO}_3$ , hidróxidos de fierro y aluminio que se han formado a partir de los productos de meteorización ó residuos de vida vegetal ó animal.

Los principales minerales que se encuentran en la fracción arena y limo de un suelo son los siguientes:

A1a.- Sílice

Alb.- Feldespatos

Alc.- Micas

Ald.- Piroxenos y anfíboles

Ala.- SÍLICE

La sílice se presenta en los suelos constituyendo el cuarzo y suelo conformar el 50% a 90% de la arena y de los limos gruesos. También puede presentarse libre en algunos suelos tales como el ópalo  $\text{SiO}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$ , especialmente en suelos de las regiones volcánicas en forma de cristobalita de muy poca importancia en los suelos.

Alb.- FELDESPATOS

Los feldespatos son aluminosilicatos anhidros de Na, K, Ca y en ocasiones de Bario comprendiendo casi al 60% de las rocas ígneas y tienen un armazón continuo tridimensional de tetraedros de sílice, en los que el Si tetravalente es en parte reemplazante por  $\text{Al}^{+3}$ . La neutralidad eléctrica de la estructura se mantiene por la introducción de cationes. Los cationes como el Magnesio y el Hierro no entran en la estructura de los feldespatos porque estos iones son mucho menores que el potasio, sodio, calcio y requieren una coordinación séxtuple.



Entre los diversos feldespatos que se hallan tenemos:

- Microclina y Ortoclasa  $KAlSi_3O_8$  que son feldespatos potásicos, ambos son resistentes a la meteorización siendolo en mayor grado la microclina
- Plagioclasa, que esta compuesto por una serie de cristales mezclados de albita ó feldespatos cálcico  $CaAl_2Si_2O_8$  como miembros terminales. Además como los radios iónicos del calcio y sodio son muy parecidos, tienen lugar la sustitución isomórfica.

**Alc.- MICAS**

Las micas son aluminosilicatos caracterizados por una estructura platiforme y un  $d$  es doblamiento basal perfecto.

La estructura básica consta de tres capas, una lámina de octaedros de aluminio-oxígeno entre dos láminas de tetraedros de  $SiO_4$ . Los iones silicio y de aluminio estan unidos mediante iones de oxígeno comunes. Cuatro oxígenos y dos  $OH^-$  están dispuestos en coordinación séxtuple alrededor de los iones de aluminio.

En todas las micas sin calcio, es posible la sustitución hasta en un 25% de  $\text{Si}^{+4}$  por  $\text{Al}^{+3}$ . Los iones  $\text{OH}^-$  y  $\text{F}^-$  se encuentran en los centros de los hexagonos formados por los vértices libres de los tetraedros. Tales unidades de tres capas son mantenidas entre sí parcialmente por un ión potasio que ocupa un intersticio en el anillo e iguala las cargas eléctricas.

Entre las micas más importantes que se encuentran en los suelos tenemos:

- Biotita ( $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})_3 \text{AlSi}_3 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$ )

- Muscovita ( $\text{K}(\text{Al})_2 \text{AlSi}_3 \text{O}_{10} (\text{OH}, \text{F})_2$ )

que son las micas más identificables en la arena fina.

Las biotitas son muy variadas en su composición química ya que el Magnesio y el hierro son completamente intercambiables en la coordinación octaedral. Las biotitas de un alto contenido de hierro van de marrón oscuro a negro mientras que las de alto contenido en Magnesio son de color marrón a verdoso. La composición química de las biotitas procedentes de granito es  $\text{SiO}_2$  36%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  17%, 23%  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  9%, 8%  $\text{K}_2\text{O}$ .

La muscovita, la mica blanda, tiene

una composición química más sencilla que la biotita; las posiciones octaédricas están ocupadas principalmente por iones aluminio. El análisis medio de la muscovita procedente de rocas semejantes a las graníticas es de 45%  $\text{SiO}_2$ , 34%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 2 a 3 % de  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , 1 %  $\text{MgO}$  y 10%  $\text{K}_2\text{O}$ .

#### Ald.- PIROXENOS Y ANFIBOLES

Los piroxenos y anfíboles son ordinariamente llamados minerales de ferromagnesio que predominan entre los componentes oscuros de las rocas ígneas. Se calcula que forman, aproximadamente el 17% en peso de la composición mineralógica media de las rocas ígneas.

La estructura del cristal de los piroxenos y anfíboles se diferencia de la de los feldespatos en que está compuesta por cadenas largas de tetraedros de sílice. En los piroxenos las cadenas son largas pero sencillas en la cual 2 Oxígenos son compartidos en cada tetraedro, mientras que en los anfíboles hay unión de dos cadenas dobles en la cual 2 y 3 átomos de Oxígeno de tetraedros sucesivos son alternadamente compartidos.

Dentro de estos minerales las cadenas están unidas en gran parte por cationes tales como  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$  y algunas veces  $\text{Na}$ ,  $\text{Al}^{+3}$

$\text{Li}^+$ ,  $\text{Mn}^+$ .

Entre los piroxenos más importantes tenemos:

Eustatita  $\text{MgSiO}_3$

Hipersteno  $(\text{Mg}, \text{Fe}) \text{SiO}_3$

Diopside  $\text{CaMgSiO}_6$

Augita  $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}) (\text{SiAl})_2 \text{O}_6$

Entre los anfíboles más importantes:

Tremolita  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

Hornoblenda  $(\text{Na}, \text{Ca})_2 (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5 (\text{Si}, \text{Al})_8 \text{O}_{22}(\text{OH})_2$

#### A2.- FRACCION ARCILLA

La fracción arcilla que son alúminosilicatos constituyen la parte más activa de los suelos y se diferencia mineralógicamente de la fracción limo, por estar predominantemente compuesta por minerales formados como resultado de los procesos de meteorización, los cuales no se encuentran en las rocas no erosionadas.

Esta fracción abarca todas las partículas de tamaño inferior a dos micras y se les denomina arbitrariamente arcilla. Sin embargo, la arcilla fina ó coloidal se considera que está formada por partículas con 0.2 micras poseyendo propiedades coloidales netas.

La fracción arcilla es mucho más resistente a los procesos de meteorización en el suelo que los minerales de las rocas trituradas hasta un tamaño de

partículas comparables. Las fracciones de arcilla más gruesas particularmente las superiores a 0.5 micras de diámetro, suelen contener proporciones apreciables de cuarzo y algunas veces de mica. Pero las fracciones inferiores a 0.1 micras de diámetro son casi enteramente minerales de arcilla u otros productos de meteorización, tales como óxidos hidratados de fierro, aluminio, Titanio, manganeso y silicio.

Los minerales de la fracción arcilla estan hidratados y pierden agua a diferentes temperaturas, de aquí que puedan identificarse con ciertas facilidad mediante sus curvas de deshidratación.

Los aluminosilicatos que comprenden el grueso de la fracción arcilla de los suelos se han clasificado en tres grupos:

A2a.- Grupo de la caolinita

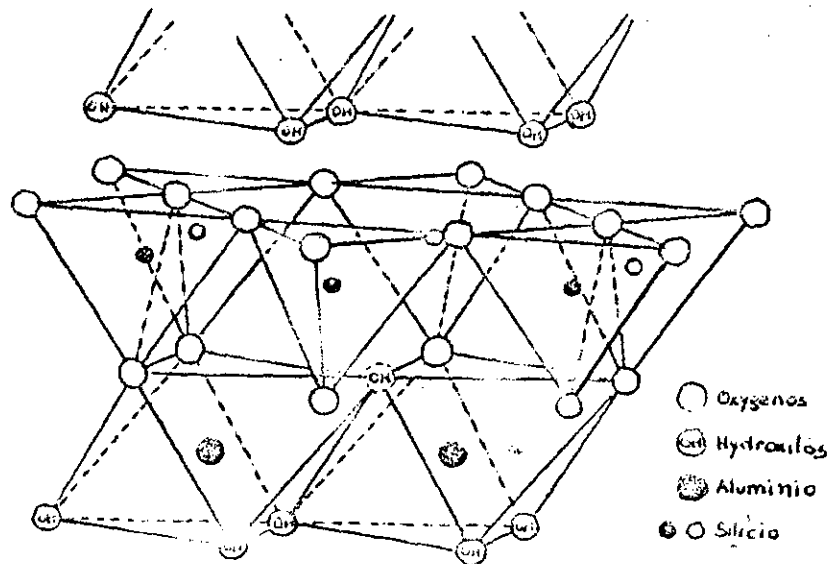
A2b.º Grupo de la Montmorillonita

A2c.- Grupo de la illita

La estructura cristalina de estos minerales son de tipo de capas de enrejado semejante al de las micas. Las láminas de tetraedros de sílice y octaedros de alúmina son las unidades estructurales fundamentales de los minerales de arcilla.

#### 42a.- GRUPO DE LA CAOLINITA

Las arcillas caoliniticas comprenden por lo menos cinco minerales, cuatro de los cuales tienen la misma composición general de  $Al_4 Si_4 O_{10} (OH)_2$  y son la caolinita, moscovita, dickita y alosita y se denominan minerales de arcilla tipo 1 : 1, debido a que su estructura consta de una lamina de tetraedros de sílice y una lamina de octaedros de aluminio las cuales se encuentran unidas compartiendo un plano comun a ambas laminas de oxigeno y grupos OH, tal como puede verse en la siguiente figura :





El mineral más abundante de este grupo es la caolinita, que se encuentra en la fracción de la arcilla gruesa de muchos suelos.

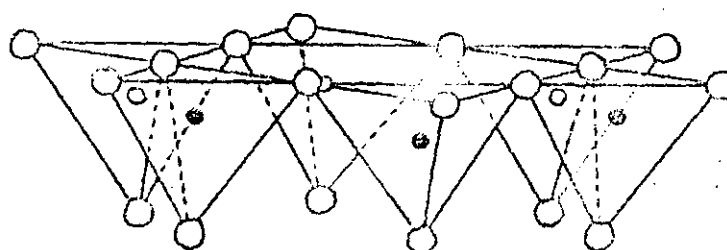
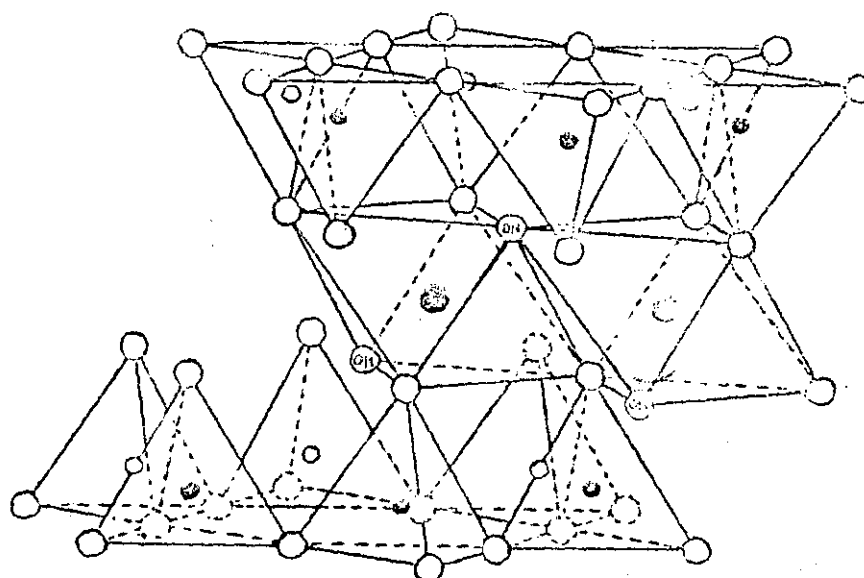
Por lo general se acepta que la caolinita que se encuentra es predominantemente el resultado de una intensa meteorización de los feldespatos y de otros alúmino silicatos comunes. Además a la caolinita se le considera como el más estable de todos los minerales de arcilla y se cree que se forma en lugares donde el Calcio, el Magnesio, el Potasio y el Sodio son llevados rápidamente por lixiviación durante la formación del suelo.

También podría decirse que la caolinita es un constituyente común de los suelos bien lavados de los climas húmedos y también de ciertos suelos de clima relativamente secos.

#### A2b.- GRUPO DE LA MONTMORILLONITA

Los minerales de este grupo son silicatos en capas libremente expandibles. El espaciamento puede ser de 12 a 18 Å y varía de acuerdo al catión de cambio. Poseen una estructura de enrejado tipo 2:1 parecida a la de las micas, es decir, hay 2 láminas tetraédricas de  $\text{SiO}_4$  con una lámina octaedral central de Aluminio. Todas las cúspides de los tetraedros son orientados en una sola dirección hacia el

centro de la unidad. Las laminas tetraedrales y octa-  
edrales son combinadas en tal modo que las cuspides  
de los tetraedros de cada lamina de silicio y uno de  
los planos OH<sup>-</sup> de la lamina octaedral forman un pla-  
no comun, tal como puede verse en el siguiente  
esquemas



○ Oxígeno    (H) Hidroxilos    ● Al, Fe, Mg  
○ y ● Silicio

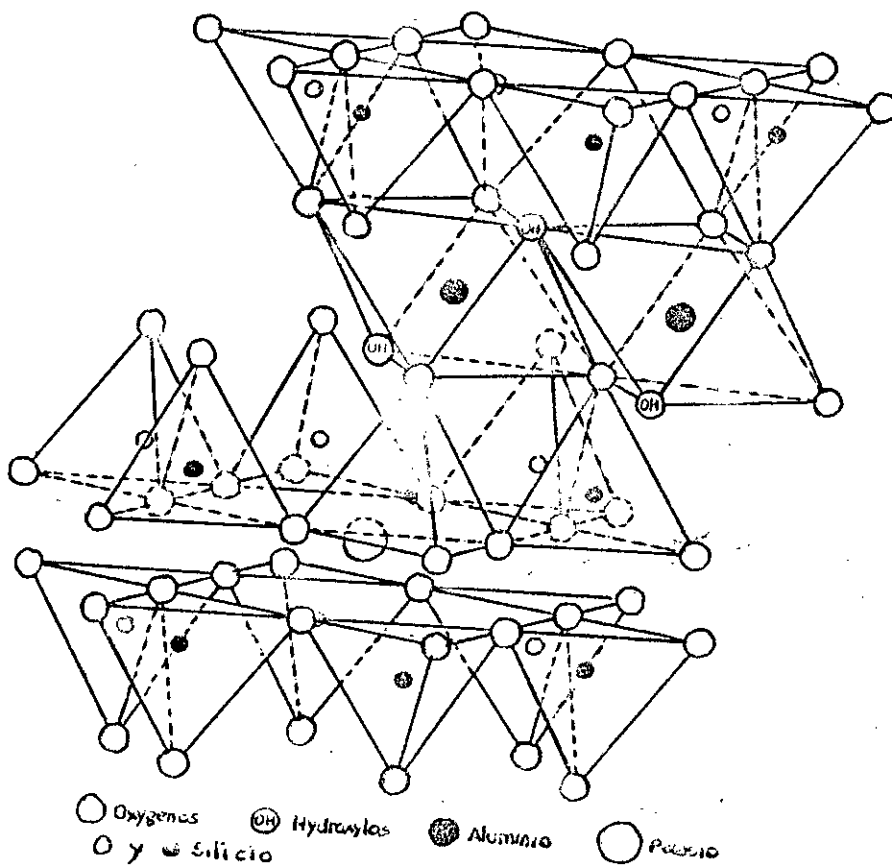
Como en el caso de las micas, el  $Al^{+3}$  representa al  $Si^{+4}$  tetravalente en la posición tetrahedral, el Magnesio divalente y Hierro trivalente representan al Aluminio trivalente en la coordinación octaedral.

Desde que el espaciado basal entre las unidades del enrejado puede variar con la hidratación de los minerales, se considera que estas arcillas tienen un enrejado en estado de expansión capaz de contener cationes cambiables dentro del cristal, así como sobre las superficies externas.

El mineral que se presenta más comun mente en los suelos es la montmorillonita, en el que la sustitución esencial es el Magnesio por el Aluminio. Una fórmula típica para media célula unitaria sería  $(Al_{1.66}, Mg_{0.33})_4 Si_4 O_{10} (OH)_2 Na_{0.33}$ .

#### A2c.- GRUPO DE LA ILITA

El tercer grupo de los minerales de arcilla que se encuentran en grand es cantidades en muchos suelos comprende las micas hidratadas ó ilitas . La estructura de estos minerales es similar a la de la montmorillonita ó sea del tipo 2:1 pero se diferencia en lo que respecta al cambio isomorfico, el cual se realiza principalmente en las láminas tetraédricas de sílice, siendo el catión



DISPOSICION DE LOS IONES DE UNA ESTRUCTURA  
IDEAL DE MUSCOVITA

reemplazante el aluminio. Las cargas que quedan libres son balanceadas por iones potasio, los cuales actúan como puentes de unión, ejerciendo una acción cementante entre las capas, lo cual impide que se expandan en presencia de agua.

En los minerales de la illita se ha encontrado que solo  $1/6$  de los silicios son reemplazados por Aluminio. Los iones potasio entre las láminas pueden ser parcialmente reemplazados por otros cationes posiblemente  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{H}^+$ .

### A3.- FRACCION DE COMPONENTES NO CRISTALINOS

Esta fracción está constituida principalmente por la materia orgánica, pero se presentan también otros materiales inorgánicos de composición muy indefinida y, se ha visto que estas contienen  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ , y Silicio.

#### A31.- MATERIA ORGANICA

La materia orgánica del suelo consiste en una serie de productos que van desde tejidos vegetales y animales no descompuestos, pasando por productos de descomposición hasta material estable amorfo de color castaño a negro sin vestigios de la estructura anatómica del material de que se deriva, es decir, que durante la descomposición de la materia orgánica algunos constituyen

son volatilidades, otros empleados por microorganismos para la formación de sus sustancias celulares y otros son gradualmente transformados en una masa amorfa de color oscuro que se conoce bajo el nombre de Humus.

#### ASPECTO FISICO-QUIMICO DEL SUELO

Las moléculas de los dos principales constituyentes que tienen propiedades coloidales, la arcilla y el humus, presentan valencias ácidas, y cuando se hallan en forma de gránulos en estado disperso (misce la arcillosa) se rodean de un enjambre periférico de cationes que los acompañan en sus desplazamientos.

La acidez de estos coloides tiende a dar al suelo una reacción ácida, que se neutraliza por adición de cationes metálicos suministrados por constituyentes externos al suelo, tal como la caliza adecuadamente preparada. De este modo el suelo ofrecerá una reacción ácida, neutra ó alcalina, según el equilibrio que se establezca entre sus constituyentes.

Por otra parte, los iones de la capa perigranular quedan retenidos como fijados por los granulos coloidales, por lo que se atribuye a estos coloides un poder adsorbente. Estando dichos iones regidos a cambios por las variaciones de las condiciones fisico-químicas del medio ambiente.

## B.- CAPACIDAD DE CAMBIO

La capacidad de cambio es una acción físico-química que posee la fracción coloidal inorgánica y orgánica del suelo de adsorber iones cambiabiles que se hallen presentes.

Los iones cambiabiles de los suelos son aquellos que esten asociados con los sólidos, los cuales están sujetos al intercambio con otros iones de la solución sin o con poca descomposición del resto de la fase sólida.

También el cambio catiónico puede interpretarse como un proceso reversible por el cual los cationes y aniones son cambiados entre fases líquidas y sólidas , y entre fases sólidas si éstas entran en contacto estrecho unas con otras.

La carga eléctrica de las partículas del suelo está neutralizada por una cantidad equivalente de iones de carga contraria que vienen a ser los llamados iones cambiabiles ó contrasiones, sujetos a la superficie de las micelas coloidales por fuerzas electrostáticas y de Van der Waal.

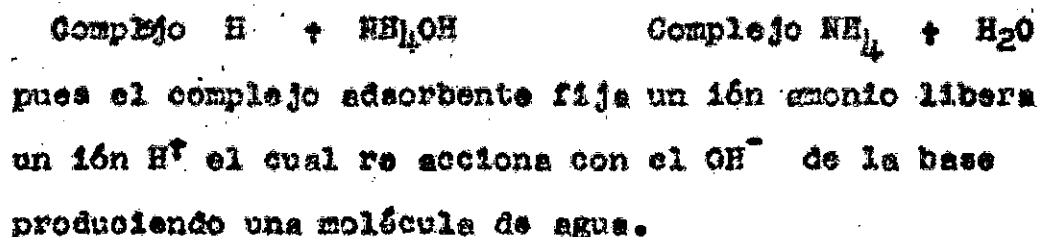
Entre los iones cambiabiles más comunes tenemos  $\text{Ca}$  ,  $\text{Mg}$  ,  $\text{Na}$  ,  $\text{H}$  ,  $\text{K}$  ,  $\text{Al}$  ,  $\text{SO}_4$  ,  $\text{NO}_3$  ,  $\text{H}_2\text{PO}_4$  ,  $\text{HPO}_4^-$  ,  $\text{HCO}_3^-$ .

El  $\text{Al}^{+3}$  y el  $\text{H}$  son los cationes predominantes en los suelos ácidos, y el sodio en los suelos alcalinos.

La capacidad de los suelos de adsorber y efectuar el cambio catiónico o varía mucho con el contenido de minerales de arcilla, materia orgánica y descomposición mineralógica. Sin embargo en los suelos, los cambios de cationes son muy predominantes sobre los cambios aniónicos y es por esto que generalmente se habla de cambio catiónico.

#### El.- MECANISMO DE INTERCAMBIO DE IONES

Un ejemplo de l intercambio iónico puede observarse en la siguiente reacción:



Por otra parte, las bases no provocan el desplazamiento de los cationes fijados sobre el complejo, sino solamente el de los cationes  $\text{H}^+$ .

Similarmen te el cambio catiónico o puede mostrarse en la siguiente reacción:



El lugar de cambio de cationes se sitúa al nivel de las capas periféricas de iones que envuelven a las micelas coloidales. Cuando los coloides están flocculados las esferas periféricas de iones se comprimen contra los granulos, pero la agitación de ellos en el enjambre persiste, y la tendencia a la dispersión



puede tener lugar, ya que los coloides flocculados son porosos y los iones encuentran en ellos buenas condiciones de difusión. Apartándose de su enjambre los iones son sustituidos cuantitativamente en el seno de aquel por iones de carga eléctrica equivalente.

La fijación de los iones sobre el complejo está condicionado por la capacidad de saturación de estos y por la naturaleza de los cationes que ya están fijados.

Los experimentos realizados por Way, Geodriz, Hissink, Wagner y otros han demostrado que la velocidad de cambio catiónico en los suelos es relativamente rápido.

El cambio es una reacción de superficie y tiene lugar a la misma velocidad que se suministran iones de la solución a la superficie del cambiador por difusión ó vibración.

La condición, claro está, que para conseguir rápidamente el equilibrio, es que el suelo esté húmedo, antes del cambio ya que el proceso de humedecimiento puede llevar algún tiempo. Pero sólo es posible un cambio rápido si los iones cambiables son directamente accesibles a los iones en solución.

Si el cambio a de estar precedida por la difusión de iones a las superficies interiores de

las partículas de arcilla ó del interior de agregados de poros finos, el cambio puede exigir mayor tiempo . El cambio es rápido para el mineral caolinitico teniendo lugar, principalmente, en los bordes. En los montmorilloniticos la mayor parte se da entre las láminas y el régimen dependerá, por lo tanto, de la separación entre las capas ó grado de hinchamiento, es decir, de la naturaleza de los iones cambiables. En la Illita el régimen de cambio es más lento debido a que se realiza a lo largo de los bordes entre las estrechas superficies de las capas.

El alcance del equilibrio en la neutralización de las arcillas de los suelos ácidos con materiales básicos, exige más tiempo del que necesita el cambio de iones corriente; con frecuencia, muchas horas incluso días. Probablemente tienen lugar dos reacciones independientes:

- la primera , un cambio de iones  $H^+$  y  $Al^{+3}$  de marcha muy rápida y la neutralización de la acidez consumiendo la parte principal, del corrector básico y ;
- la segunda , una interacción lenta del mismo material básico y los silicatos, que lleva a una destrucción parcial del enrejado a elevados valores de pH.

## **C.- CARACTERISTICAS DE LOS CONSTITUYENTES DEL COMPLEJO**

### **ADSORBENTE**

El complejo adsorbente está constituido por:

- La fracción arcilla
- el humus
- Algunos minerales en vía de alteración (micas, cloritas, agregados polioristalinos)

Todos ellos se caracterizan por tener un caracter electronegativo y de desarrollar valencias ácidas.

Las propiedades del complejo adsorbente suelen expresarse mediante los siguientes términos:

#### **G1.- CAPACIDAD TOTAL DE CAMBIO O CAPACIDAD DE SATURACION (T)**

Este término indica la cantidad máxima de cationes que el suelo puede fijar y por consiguiente el límite superior de posibilidad de cambio que pueden ocurrir; esta capacidad es expresada en miliequivalentes por 100 gr. mas de muestra seca.

La capacidad de saturación varía sensiblemente con la naturaleza mineralógica de la arcilla y es independiente de la naturaleza de los cationes que participan en el cambio.

#### **G2.-SUMA DE CATIONES CAMBIABLES (S)**

Esta suma representa la cantidad total de cationes metálicos fijados sobre el complejo cuando se procede a su examen, se expresa en meq./100 gr. de muestra seca.

### G3 .- INSATURACION

La insaturación corresponde a la diferencia entre T y S, y representa la cantidad de iones H fijados sobre el complejo; puede ser débil en los suelos neutros o alcalinos y nulo en los suelos calcáreos ó sódicos.

De este modo la capacidad total de cambio T representa el conjunto de la suma de los cationes metálicos cambiables (S) y de los iones H; es más difícil de definir experimentalmente que S, pues las técnicas que se emplean para medir, con frecuencia dan resultados discordantes, variando estos últimos con la naturaleza del catión utilizado para realizar el desplazamiento de los cationes del complejo y el pH con que se establece el equilibrio.

Para el humus, la capacidad de saturación aumenta con el contenido de carbono y el grado de humidificación. Es mucho más elevado que en la arcilla siendo del orden de 300 a 400 meq/100 gr. de ácidos húmicos.

Algunos humus pueden ser ricos en cationes metálicos cambiables. Siendo la capacidad de saturación tan más elevado cuanto más humidificada sea la materia orgánica.

Los ácidos húmicos tienen una marcada afinidad para el ión  $H^+$  que lo fijan fuertemente; su liberación provoca su acidez de cambio que tiende a limitar la

reacción. Ceden también, con más dificultad que la arcilla el calcio que han fijado. Asociado a la arcilla, el humus pueden cambiar, como lo haría la arcilla, el calcio fijado por el.

Los silicatos en vías de alteración que se encuentran en el suelo en estado coloidal y a veces con las dimensiones de los limos y arenas tienen un poder de cambio de bases limitado, sobre el cual, hasta la fecha se tiene poca información al respecto.

#### D.- CONCEPCION TEORICA DE LOS SUELOS ACIDOS

La acidez de un suelo hoy está considerada no como debida a la formación de ácidos solubles sino a la presencia de iones aluminio cambiabiles.

Los ácidos de estos suelos, que en su mayor parte son originados a partir de silicatos secundarios (de los que la caolinita es un ejemplo), son virtualmente insolubles en agua, por ello su acidez es más bien potencial que activa. Los suelos de las regiones de alta precipitación pluvial tienen gran capacidad de adsorción de bases antes de que sus disoluciones se vuelvan ácidas.

Se considera que los suelos ácidos se originan por la continua acción del agua, cargada de los ácidos carbónicos, nítrico, sulfúrico sobre los minerales de la fracción arcilla. A medida que estos ácidos

incrementan la acidez de la disolución del suelo, se disuelven cantidades mayores de Hierro y Aluminio, llegando a producir efectos tóxicos en las plantas. Análogamente, el Manganeso, en forma soluble, puede acumularse en concentraciones nocivas en muchos suelos.

Muchos investigadores tales como Kamprath y Bornemissa (5) han demostrado que la acidez de los suelos de alto grado de lixiviación se debe principalmente al efecto del Aluminio intercambiable, al Manganeso y Hierro que se hallan adsorvidos por las micelas coloidales, por lo que concluyen refiriendo que la fracción arcilla es el asiento principal de la acidez de los suelos.

Esto puede verse cuando se lixivia un suelo ácido, en los líquidos de lixiviación se encuentra una cantidad considerable pero definida de compuestos de aluminio, el Calcio ha desplazado a los iones aluminio.

Se ha encontrado que la curva de amortiguación de un suelo ácido del aluminio intercambiable actuando como una base de cambio. El suelo en general actúa como una solución amortiguadora, es decir, reduce la elevación de pH que tendría lugar si el álcali se añadiera a un volumen igual al de la suspensión del suelo.

Colaboración a lo anterior se ha visto que valorando arcillas saturadas de hidrógeno, ellas dan curvas de valoración parecidas a las de ácidos fuertes.

fuertes, en cambio, la valoración de arcillas de aluminio dan curvas de valoración semejantes a las de ácidos débiles similares a las que se obtiene de los suelos ácidos.

Diferentes autores refieren que el aluminio tiene los siguientes efectos:

- Afecta la adsorción y la movilización del calcio y fósforo por las plantas.
- Aumenta la toxicidad del manganeso, debido a que incrementa su solubilidad debido al valor bajo de pH.
- Disminuye la adsorción del magnesio.
- Afecta la adsorción del Molibdeno, elemento esencial en la fijación simbiótica del Nitrógeno por la leguminosas.

Por lo que se recomienda la neutralización del Aluminio mediante el uso de materiales básicos tal como la harina de caliza que es el objetivo del presente estudio.

El calcio y en menor grado el Magnesio desplazan al aluminio de sus lugares de intercambio, seguido por reacciones químicas que logran la precipitación del Aluminio y Manganeso, disminuyendo así su actividad en el suelo.

#### FACTOR DE INTENSIDAD DE ACIDEZ

En los suelos ácidos interviene lo que se llama intensidad de acidez y capacidad de adsorción de base. La primera determina el tipo de planta que pueden desarrollarse en el suelo en tal estado y se define como el producto

de solubilidad del ácido y su grado de ionización. El factor importante es el ión hidrógeno, ó lo que se conoce como concentración de ión hidrógeno en la solución del suelo, la cual se expresa corrientemente por los valores de pH.

La capacidad de adsorción de base de un suelo no tiene que estar necesariamente relacionada con su pH, sino que estará determinada por la cantidad de arcilla y materia orgánica en el suelo.

### B.- EL pH DE UN SUELO

El significado del pH de un suelo, ó más bien de una suspensión de suelo, es complejo y sólo se puede discutir en relación con algunas propiedades de la atmósfera iónica que rodea a las partículas del suelo.

Para explicar dicha atmósfera iónica consideremos una partícula de suelo (micela arcillosa) la cual está cargada negativamente y rodeada de agua. La carga negativa está neutralizada por cationes (en la mayoría de suelos no ácidos, el ión calcio representa el 85% de los cationes fijados), los cuales no están necesariamente unidos de modo firme a las cargas negativas; parte de ellos se disocian en el medio de dispersión. Por esto, desde la superficie de la partícula de arcilla hacia afuera, la concentración de cationes decrece gradualmente hasta llegar a ser muy pequeña.



Es la capa difusa de cationes se conoce con nombre de doble capa difusa; doble capa, porque existe una carga negativa sobre la superficie de la arcilla, la cual está equilibrada por la nube difusa de cationes.

Dado que un suelo está bañado continuamente por soluciones de sales disueltas, sus cationes se entremezclan con los cationes de cambio en la doble capa originando que ella sea menos difusa y más compacta; reduciendo la diferencia en concentración catiónica entre las proximidades de la superficie de la micela arcillosa y la masa de la solución. Cuanto más concentrada está la solución salina y más alta la valencia del catión, más delgada será la doble capa y más próxima estará la concentración sobre la superficie de la micela a la de la solución externa.

Este efecto de las sales disueltas es de valor significativo en cuanto a las limitaciones inherentes al concepto de pH de un suelo; la concentración de  $H^+$  en la solución que rodea a las partículas de suelo es menor que la de las mismas partículas de suelo debido a la alta concentración de ión hidrógeno en la doble capa. Como la doble capa se hace más compacta al añadir, por ejemplo un electrólito al sistema suelo-agua, el gradiente de concentración de ión hidrógeno a través de la doble capa se reduce y el pH de la solución se aproxima al de la

superficie de las partículas de suelo.

El pH de la solución es así mayor que el de la superficie de la partícula, si el pH de esta permanece constante el de la solución decrecerá conforme ella se hace más concentrada. Este efecto de concentración salina sobre el pH es bien conocido, y es la razón de porque algunas veces se miden el pH del suelo en soluciones normales de KCl en lugar de hacerlo en agua, pues en esta solución la doble capa es muy compacta y la concentración de  $H^+$  sobre la superficie del suelo es sólo un poco mayor que la existente en la solución.

Los suelos que contienen cantidades apreciables de  $H^+$  cambiante muestran inestabilidad y se descomponen liberando suficiente  $Al^{+++}$  para neutralizar la mayor proporción de la carga negativa neta sobre las partículas minerales del suelo. ocasionando de esta manera los llamados suelos ácidos.

Los valores medidos de pH de un suelo varían ampliamente con el método de preparación del mismo y cuando se den datos de pH de cualquier suelo será necesario especificar detalladamente el procedimiento empleado.

Se concibe que el pH de una suspensión de suelo será tanto más baja cuanto mayor sea la proporción de iones  $H^+$  que contengan los cationes fijados sobre el complejo adsorbente.

Cuando todos los cationes fijados son  $H^+$  el suelo es desaturado; su pH es aproximadamente de 3.0 a 3.5 , el cual puede obtenerse por lavado del suelo con ayuda de una solución acuosa de KCl 1/20, Normal.

Cuando todos los cationes fijados son iones metálicos, el suelo se dice que está saturado y su pH puede llegar hasta 11 ó 12 . Estos dos estados extremos, que sólo es posible obtenerlos en el laboratorio, el suelo tiene un estado de saturación tanto más alto cuanto menor es la proporción que contiene de  $H^+$  en estado cambiante.

La neutralidad ó sea pH igual a 7.0 suele corresponder a una proporción sensiblemente igual de iones Hidrógeno y de cationes metálicos.

### El.- FACTORES QUE AFECTAN EL pH DE UN SUELO

De lo anteriormente expuesto se deduce que los factores que afectan el pH de un suelo son los siguientes:

- 1° La escasez de Calcio y algunas veces de fosfato disponibles.
- 2° Exceso de aluminio, manganeso y fierro intercambiables.

El aluminio en exceso se acumula en las raíces, reduciendo muy considerablemente su poder de transportar fosfatos, calcio, etc. desde el suelo al sistema vascular, siendo por lo tanto responsable que la planta sufra deficiencias en tales componentes, lo cual no puede corregirse añadiéndolos simplemente al suelo.

El manganeso en exceso se acumula en todos los tejidos, interfiriendo el metabolismo celular.

- 3° El pH de un suelo depende de la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera del suelo.
- 4° La doble capa eléctrica que rodea las partículas que muestran cambios de bases es causa de que la concentración de hidrógenos en el exterior de ella sea inferior a la que existe sobre la superficie de las micelas. Esta reducción es mayor cuanto

más diluida sea la solución que rodea las partículas.

De este modo, el pH de un suelo no tiene un valor único, sino que depende de las condiciones en que se realiza las medidas, las cuales, en el campo, pueden ser causa de variaciones cercanas a una unidad.

#### F.- DESCALCIFICACION DE LOS SUELOS

Los procesos más importantes que ocasionan la descalcificación de los suelos son los siguientes:

- F1.- Emigración ó arrastre de calcio por los factores de desegregación, agua y ácido carbónico.
- F2.- Absorción del calcio por las plantas y su exportación en las cosechas.
- F3.- Acción descalcificadora resultante de la transferencia de las sales fertilizantes (sales potásicas, amoniacales y nítricas) en el suelo.

La exportación del calcio por el agua de infiltración es grande, porque está expuesta a múltiples transformaciones en los suelos abonados con diversas sales fertilizantes.

Las sales se disuelven más fácilmente en las aguas lluvias cargadas de  $\text{CO}_2$ , que en las aguas de regadío.

Se ha observado experimentalmente que las cantidades de calcio extraídas del suelo por las aguas de

drenaje que se escurren a través de un terreno sin plantas de cultivo son mucho mayores que las cantidades extraídas por las plantas cultivadas en igual extensión de terreno y en suelo de la misma clase.

Las pérdidas de calcio debidas a arrastres con aguas de infiltración se efectúan bajo la forma de bicarbonatos, nitratos y cloruro de calcio.

- Pérdidas bajo la forma de bicarbonato.- El carbonato de calcio es soluble en agua cargada de ácido carbónico y esta solubilidad crece con la presencia de cloruro y sulfato de sodio.
- Pérdidas bajo la forma de Nitrato de calcio.- El ácido nítrico formado en la nitrificación se transforma en nitrato de calcio, combinándose con el  $\text{CaCO}_3$  existente en el suelo. Sólo una parte del nitrato de sodio resultante es asimilable, el resto se pierde por infiltración.
- Pérdidas bajo la forma de sulfato y cloruro.- Son debidas al empleo de sales fertilizantes de reacción fisiológica.- ácido : sulfato de amonio, cloruro y sulfato de potasio. Se estima que 100Kg de HCl pueden solubilizar 66 Kg de  $\text{CaCO}_3$ .

16.- CORRECCION DE LA ACIDEZ DE LOS SUELOS, EMPLEO DE CALIZA

Se ha visto anteriormente que una de las principales causas del establecimiento de condiciones ácidas es la pérdida de cationes metálicos intercambiables con la predominancia de iones hidrógenos y aluminio intercambiables.

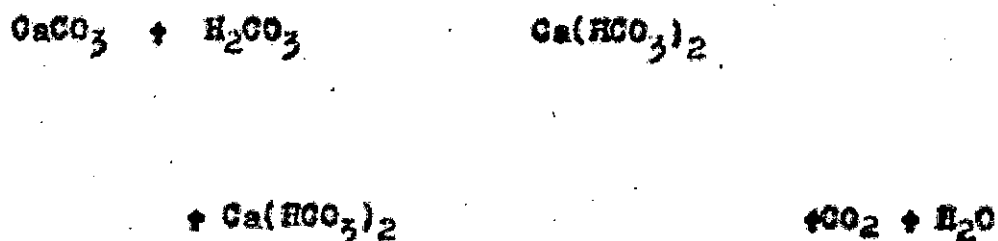
La adición de fuentes suministradoras de cationes como el Calcio logran limitar la acidez del suelo, cesando a la solución del mismo iones calcio, con lo cual se modifica el estado cálcico del complejo adsorbente, es decir, la neutralización de las valencias ácidas de las arcillas y del humus del complejo.

Una gran parte de los hidrógenos son sustituidos por iones calcio, así como también los aluminios son precipitados bajo la forma de hidróxidos, ocurriendo este cambio a partir de valores de pH 5.4. El resultado neto se traduce en un aumento del pH del suelo y en un incremento en el suministro de iones calcio intercambiables los cuales están listos para ser absorbidos por las raíces.

La neutralización es más ó menos presionada según las reservas en calcio del suelo y sus diferentes grados corresponden a los suelos ácidos, neutros ó alcalinos.

Paralelamente el calcio suministrado provoca la floculación de coloides arcillosos y del humus por lo que la caliza del suelo ó la que se le suministre debe ser considerada como elemento favorecedor de la estabilidad de la estructura y la permeabilidad.

El carbonato de Calcio añadido a un suelo en presencia de agua reacciona con los ácidos carbónico y nítrico o provocando su disolución bajo la forma de bicarbonato de calcio, cuya velocidad dependerá del tamaño de la partícula. El calcio liberado es inmediatamente adsorbido por el complejo y los hidrógenos intercambiables reacciona con el  $\text{HCO}_3^-$  para dar  $\text{H}_2\text{CO}_3$  que es un ácido muy inestable descomponiéndose inmediatamente en anhídrido carbónico y agua. Lo cual puede formularse como sigue:



A la realización de esta reacción colabora el  $\text{CO}_2$  segregado por las raíces de las plantas durante su respiración, aumentando la solubilidad de la caliza.

En realidad la reacción anterior está supeditada por el efecto del aluminio intercambiable que se

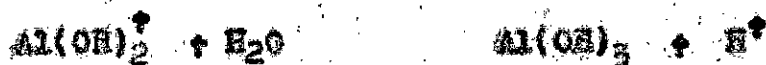




manifiesta por la capacidad que tienen estos elementos en proveer iones hidrógeno cambiables a la solución del suelo al producirse la reacción de hidrólisis:



continuándose la reacción de hidrólisis hasta la precipitación del aluminio bajo la forma de  $Al(OH)_3$ , según la reacción:



siempre y cuando el pH del suelo adquiera valores cercanos a 5.4. de caso contrario en el suelo existirán las formas  $Al(OH)^{+2}$ ,  $Al^{+3}$ ,  $Al(OH)^{+2}$ , los cuales pueden ser absorbidos por los vegetales, acumulándose en el protoplasma y núcleo de la corteza de las raíces reduciendo de modo muy considerable el poder de la raíz de transportar fosfatos desde el suelo al sistema vascular.

La resistencia de las plantas de permitir la presencia del aluminio es bastante variable, algunas sufren depresión con sólo 2 mgr/lt de aluminio (lechuga, repolacha, cebada), mientras que otros sólo manifiestan sensibilidad con 14 mgr/lt ó más (maíz, nabo, etc).

## H.- EFFECTO DE LA FINURA DEL MATERIAL CALIZO

Experimentos sobre la utilización de materiales calizos consideran que se debe tener en cuenta el factor de finura del material calizo.

Se ha observado que muchos suelos no responden a las cantidades recomendadas de calizas compuestas por partículas groseramente pulverizadas. Una explicación es que ellas, que se meteorizan muy lentamente, pueden reaccionar con los constituyentes del suelo y formar una superficie de revestimiento cuando se añaden fosfatos al suelo con fines fertilizantes reduciendo de esta manera su disolución obteniéndose como resultado una reducción de la respuesta del suelo al material empleado. Muchos autores concluyen que tal revestimiento se forma a través del proceso combinado de la cristalización por el intemperismo del  $\text{CaCO}_3$  y la adsorción ó precipitación del fosfato de calcio.

Tal como se puede observar en los cuadros mostrados en la página N° 79-83 al investigar el efecto de varios tamaños de partículas de caliza sobre la reacción del suelo, vemos que las partículas que pasan los tamices -10 y 20 mallas no tienen prácticamente ningún valor en la corrección de la acidez. En cambio las partículas que pasaron por los tamices de -60 y 100 mallas sí reaccionaron en un tiempo prudente, más aún el efecto de corrección de la acidez que se

observó empleando partículas de caliza que atravesaron el tamis de 100 mallas, fue practicamente inmediata, decreciendo su actividad con el tiempo.

## I.- APLICACION DEL CORRECTOR CALIZO

La aplicación de la caliza sobre los suelos se puede hacer de dos maneras, si el terreno tiene accesibilidad a vehículos motorizados, entonces la caliza se añadirá conforme lo recorra el vehículo, y en seguida la máquina agrícola, a fin de dispersar el corrector interiormente de la capa arable (aproximadamente 20 cm. de profundidad). Si el terreno no tiene accesibilidad a vehículos pesados el material se repartirá en pequeñas porciones alrededor de 20 puntos por Ha para luego dispersarla en forma manual y enseguida con máquina agrícola.

La adición del corrector puede hacerse en forma anual ó bianual, según los resultados edafológicos después de cada cosecha y en época de poca ó nada de precipitación a fin de evitar la lixiviación del material y el trabajo tedioso de la máquina agrícola, realizándose ésta aproximadamente 15 días antes de la siembra proyectada.

## BENEFICIOS DE LA ADICION DE CALIZA SOBRE LOS SUELOS ACIDOS

Además del efecto de corrección de acidez de suelos, la caliza aporta otros beneficios, tales como:

### J.- FAVORECE LA DISPONIBILIDAD DEL FOSFORO

La caliza afecta la solubilidad y disponibilidad de los iones fósforo existentes en el suelo, cuyas funciones pueden resumirse como sigue:

El fósforo disponible reacciona con los iones calcio, proporcionados por la caliza, para formar fosfatos más solubles que los fosfatos de aluminio y fierro que son relativamente insolubles en suelos ácidos, haciendo por lo tanto que sean asimilables.

Por otra parte el fósforo se halla en el suelo en dos formas generales: orgánica e inorgánica.

En la forma orgánica, se puede encontrar fósforo en los ácidos nucleicos, en los fosfolípidos y en los fosfatos de inositol; no hay pruebas de que las plantas adsorban fósforo orgánico. Por ello, el fósforo de procedencia orgánica representa una forma inutilizable. Sin embargo, los compuestos orgánicos acaban siendo descompuestos, con lo cual queda libre en forma inorgánica fácilmente asimilable por las plantas.

Gran parte del fósforo de la solución del suelo se encuentra en forma inorgánica, especialmente en forma de iones fosfato  $H_2PO_4^-$  asimilable y  $HPO_4^{2-}$

poco asimilable. La cantidad de uno y otro depende del pH de la solución del suelo, de modo que a pH bajos existe el ión hipofosfito  $H_2PO_4^-$  y altos el  $HPO_4^{2-}$ .

31.- FACTORES QUE INFLUYEN LA DISPONIBILIDAD DEL FOSFORO

Existen varios factores que influyen la disponibilidad del fósforo siendo los más importantes los siguientes:

- J1a.- pH de la solución del suelo.
- J1b.- Hierro y aluminio en forma disuelta
- J1c.- Calcio disponible.
- J1d.- Intercambio aniónico

En efecto:

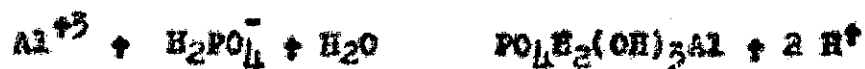
J1a.- pH de la solución del suelo

En las soluciones del suelo se pueden encontrar tres formas diferentes de ión fosfato, dentro de los límites de pH que se encuentren.

En las condiciones de gran acidez predomina la forma de ión hipofosfito  $H_2PO_4^-$ , en condiciones intermedias predomina la forma  $HPO_4^{2-}$  y en condiciones alcalinas hay predominancia de los iones fosfato  $PO_4^{3-}$ .

Jlb.- Hierro y aluminio en forma disuelta

En los suelos ácidos existe en forma disuelta suficiente hierro y aluminio como para precipitar el ión hipofosfito en sus correspondientes sales, imposibilitando de esta forma la asimilación del fósforo, lo cual puede explicarse mediante la siguiente reacción:



Jlc.- Calcio disponible

El calcio puede reaccionar con las tres formas del ión fosfato para dar tres sales. el fosfato monocalcico  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , fosfato dicalcico  $\text{Ca}_2\text{HPO}_4$  y el fosfato tricalcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .

Gracias a su solubilidad en agua el fosfato monocalcico representa la forma más asimilable por las plantas. El fósforo dicalcico es solo ligeramente soluble y el tricalcico que se forma en condiciones alcalinas es completamente insoluble en agua.

Por lo tanto para obtener buenos resultados en nutrición fosfórica el pH del suelo debe tener un valor de 6.5 a 7.5, tal como se muestra en el Anexo N° 1.

#### Jld.- Intercambio aniónico

Puede tener lugar un intercambio aniónico entre las sales minerales contenidas en las micelas coloidales de las arcillas del suelo y el ión fosfato, reacción bastante parecida hasta cierto punto a la que tendría lugar con los hidróxidos de hierro y de aluminio. Probablemente, el anión  $H_2PO_4^-$  sustituye un  $OH^-$  de la superficie de la micela de la arcilla por un ión fosfato en condiciones de acidez moderada, lo cual, puede representarse como sigue:



Reacción que puede considerarse favorable para el desarrollo de las plantas mediante la adición de correctores básicos, haciendo que el equilibrio se desplace hacia la izquierda liberando  $H_2PO_4^-$  asimilable.

#### R.- LA ADICION DE CALIZA AFECTA LA TEXTURA DEL SUELO

La adición de caliza influye en las características estructurales del suelo. La formación de agregados estables depende de los agentes de cementación los cuales se mantendrán en forma de agregados de partículas individu-



ales. Las partículas coloidales de humus, con el calcio como principal ión adsorbido reúne estos requisitos.

El humato de calcio permanece floculado aún bajo un exceso de humedad. Es esta característica del humus saturado del calcio la que proporciona la estructura favorable encontrada en los suelos negros de las regiones semihúmedas.

Un suelo con un contenido adecuado de harina de caliza, tiende a proporcionarle un buen estado físico así como un fácil laboreo, es decir, se obtiene un suelo poroso, permeable, no tendiendo a palmizarse cuando está húmedo ni a endurecerse y agrietarse cuando está seco. En consecuencia, la adición de caliza finamente dividida hace que los suelos compactos más granulados y sueltos facilitando su desecación; y a los muy sueltos les proporciona cuerpo y les hace aptos para el cultivo.

#### L.- LA ADICION DE CALIZAS FAVORECE LA FUNCION MICROBIOLOGICA

La caliza en el suelo favorece la descomposición de las materias orgánicas, haciendo apropiado el medio para el desarrollo y crecimiento de bacterias que contribuyen a dicha descomposición ó transformación llamada nitrificación, y así como el mejor desenvolvimiento de las bacterias que viviendo en las nudosidades de las raíces de las plantas fijan el nitrógeno del aire en el suelo.

C A P I T U L O

T E R C E R O

METODOLOGIA EMPLEADA

A.- DESCRIPCION DEL METODO EMPLEADO PARA LA DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE CALIZA REQUERIDA

Las necesidades de caliza puede definirse como la cantidad que debe añadirse a un suelo para elevar su pH hasta una cantidad de 6.5 y 7.0, que es el rang o donde la mayor parte de las plantas alcanzan un desarrollo óptimo. Mayor información puede verse en el Anexo N° 1.

Para evaluar la cantidad de caliza el método que se emplea es el de las curvas de saturación. Este procedimiento se basa en la estrecha relación que existe entre el pH de un suelo y su contenido de base de cambio, pues las arcillas saturadas de hidrógeno actúan como si fueran ácidos débiles, ocurriendo las reacciones de cambio catiónico que anteriormente se han mencionado.

El método de las curvas de saturación que podría llamarse curvas de enacidamiento se construyen plotando en un sistema de coordenadas rectangulares los valores de pH contra el número de meq. de  $\text{CaCO}_3$  añadidos, indicando además el tamaño promedio de partículas del material calizo.

## **B.- MUESTREO**

La toma de muestras merece consideración especial y minuciosa deb id o a que los suelos presentan gran variabilidad, y a fin que ellas sean altamente representativas.

Al realizar esta operación se debe tener en cuenta las variaciones de composición de acuerdo con la profundidad del perfil, geografía del terreno y el área sobre el cual se realice.

El número de muestras tomadas fue de 25 sobre un área experimental de 5 Hectareas ubicadas entre la zona del Km 3 4 de la carretera Fucallpa-Huánuco y la de Nueva Requena en la margen derecha del río Aguaytia.

Antes de la extracción de muestras se hizo un recorrido del terreno con el fin de dividirlo en zonas de muestreo, según la pendiente que mostraban tomándose de la capa arable (15-20 cm. de profundidad) un total de 5 muestras por hectárea.

Como mostraban una tendencia de homogeneidad se escogió dos muestras representativas que se denominaron A y B correspondiendo la muestra A a la de mayor pendiente y B a la de menor .

**0.- RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE CALIZAS**

Los resultados que a continuación se indican, corresponden a las muestras tomadas de los yacimientos calizos existentes en Agua Caliente (Honoria- Pachitea- HUANUCO), y se han obtenido empleando los fundamentos mencionados en el Capítulo Primero, pag N° 13-27.

COMPONENTE	MUESTRA N°			
	1	2	3	Promedio
$\text{CaCO}_3$	90.26	91.89	92.35	91.50
$\text{CO}_2$	26.85	27.25	25.40	26.50
$\text{H}_2\text{O}$	1.36	1.70	1.44	1.50
$\text{SiO}_2$	8.92	8.06	8.67	8.55
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.42	0.35	0.28	0.35
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1.80	1.43	1.27	1.50
$\text{CaO}$	68.35	69.80	66.45	68.20
$\text{MgO}$	2.25	1.76	1.85	1.94

## **D.- DETERMINACIONES**

Las determinaciones que se realizaron a las muestras fueron las siguientes:

### **D1.- MEDIDA DEL pH**

La medida de pH de un suelo permite evaluar la concentración de iones hidrógeno provenientes de dos partes, por una los fijados por el complejo arcilloso y por otra la que existe en la solución del suelo a esta última aunque suministrada por el complejo se le conocen otros orígenes.

### **D1a.- INSTRUMENTO Y MATERIAL DE LABORATORIO**

Se utilizó lo siguiente:

- pH-Metro Portátil Tipo GKA , de

Campo de medición : 1-13

Precisión : 0.05 - 0.10

Escala : 0.2 pH

Electrodo de Medición: Tipo E12M de alta resistencia cadena de medición de un sólo vástago

- Recipientes de plástico

- varillas de vidrio

- Frasco lavador de polietileno

- Una balanza

- Una bureta graduada de 50 ml.

**Dib.- Procedimiento experimental**

El procedimiento empleado comprende las siguientes etapas:

**Dibm.- Preparación de las muestras con el porcentaje de saturación de humedad**

Pesar 100.0 gr. de muestra (de conocido % de humedad).

Añadir agua en pequeñas porciones desde una bureta, sin agitar la muestra hasta que quede completamente humedecida toda la masa y seguir añadiendo cuidadosamente hasta que la superficie brille ligeramente.

Debe evitarse el agitación de la muestra a fin de que no se produzca la formación de una masa grumosa a través de la cual el agua se desplace con dificultad. De tal manera que la mayor parte de la humidificación tenga lugar a través de los poros no alterados.

Después de haber alcanzado tal contenido de humedad, agitar la muestra con una varilla de vidrio y añadir gota a gota hasta que fluya a cerrar el agujero practicado por la varilla.

Finalmente se observará que la superficie de la muestra toma un brillo característico, lo cual indica que ella ha alcanzado el porcentaje de saturación de humedad. Por lo tanto la muestra estará expedita para la medición de pH.

**Dibu.- Registro de mediciones**

Las mediciones de pH se efectúan sumergiendo el vástago (con dos electrodos) del pH-metro portátil en las muestras de suelo-agua llevadas a su porcentaje de saturación de humedad.

## **D2.- MEDIDA DEL ALUMINIO INTERCAMBIABLE**

El procedimiento empleado para la medida del aluminio intercambiable se basa en los trabajos realizados por LIN y COLEMAN (22), quienes han demostrado que iones potasio provenientes de una solución acuosa de Cloruro de Potasio, desplazan a los iones aluminio que se hallan adsorbidos por las micelas coloidales.

Las medidas se efectuaron al cabo de 10 y 35 días de iniciado el experimento.

### **D2a.- MATERIALES Y REACTIVOS**

Los materiales y reactivos que se emplearon fueron los siguientes:

- 1 bureta de 50 ml.
- 1 pipeta graduada de 10 ml.
- Una balanza
- Solución extractora : KCl 1N
- Solución tituladora : NaOH 0.02 N
- Indicador : Solución de Azul de bromotimol al 1%.

### **D2b.- PROCEDIMIENTO**

Mediante un muestreador adecuado tomar aproximadamente 5 gramos de cada muestra (después de la medida correspondiente de pH) desecarla y pesar 5.00 gramos.

Añadir 50 ml. de la solución extractora de KCl 1N.



Agitar durante 20 minutos y dejar en reposo durante 2½ horas.

Pipetear una alícuota de 10 ml. y agregarle 3 gotas del indicador azul de bromotimol, (la solución tomará una coloración amarilla).

Titular con NaOH 0.04 hasta el punto de viraje (coloración azul).

#### B.- PREPARACION

##### El.- PREPARACION DE LAS MUESTRAS DE SUELO

Para una misma muestra se prepararon 32 recipientes de plástico, dividiéndolas en cuatro partes iguales, con el fin de estudiar sistemáticamente el efecto del rango de tamaños de partículas de caliza sobre la variación del pH con respecto al tiempo.

El contenido de cada recipiente fue de 2 Kg. de muestra seca y tamizada a malla de 2 mm.

Para calcular los miliequivalentes de  $\text{CaCO}_3$  añadidos se efectuaron los cálculos siguientes:

Del análisis de la caliza : 91.5 % de  $\text{CaCO}_3$   
entonces:

1.00 gr. de caliza	0.915 gr. $\text{CaCO}_3$
x gr. de caliza	1.00 gr. $\text{CaCO}_3$

x = 1.09 gr de caliza

Por otra parte:

1 eq. $\text{CaCO}_3$	100.0 gr. $\text{CaCO}_3$ / mol-gr.
	2 eq. $\text{CaCO}_3$ / mol-gr
	50 gr. de $\text{CaCO}_3$

ó también :

1 meq. $\text{CaCO}_3$	0.050 gr $\text{CaCO}_3$
------------------------	--------------------------

Por lo tanto :

1 meq. $\text{CaCO}_3$	0.0545 gr. de caliza
------------------------	----------------------

luego se construyó el cuadro de dosificación siguiente:

meq $\text{CaCO}_3$	g r. $\text{CaCO}_3$	gr. Caliza	gr. Calia
100 gr. muestra	100 gr. muestra	100 gr. muestra	2 Kg muestr
2	0.10	0.109	2.18
4	0.20	0.218	4.36
6	0.30	0.327	6.54
8	0.40	0.436	8.72
10	0.50	0.545	10.90
12	0.60	0.654	13.08
14	0.70	0.763	15.26
16	0.80	0.872	17.44

La adición de estas cantidades de caliza se llevaron a cabo vertiendolas a una bolsa de plástico gruesa y en seguida agregando los 2 Kg. de muestra , procediéndose a su homogenización.

Las muestras fueron devueltas a sus respectivos recipientes añadiendoles agua hasta su capacidad de campo. Habiendose determinado que la humedad de las muestras en su capacidad d e campo era de 25% por lo que se dedujo que para 2 Kg. de muestra era necesario 500 gr. de agua. Finalmente se retiró la tapita central de la base de cada recipiente.

## **E2.- CONTROL DEL EXPERIMENTO**

El control del experimento con respecto a las medidas de pH, estas se efectuaron despues d e 5, 10, 15, 25 y 35 dias, muestreandose un peso aproximado de 100 gramos de cada recipiente y con respecto al aluminio intercambiable despues de 10 y 35 dias.

Durante esta etapa se realizaron adiciones de agua, siendo durante los primeros dias en forma diaria y luego cada 35 dias tratando de mantener la humedad de las muestras en su capacidad de campo. Para esto ultimo se pesaron en una balanza los recipientes y la pérdida de agua observada era restituida.

## **E3.- DATOS EXPERIMENTALES**

### **E3a.- MEDIDA DE pH**

Las medidas de pH que se obtuvieron experimentalmente para 100 gr. de muestra son las siguientes:

MUESTRA A

TAFLA N° 1

Tamaño medio de partículas de caliza				Malla -10 + 20				
Tiempo	meq $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
(días)	0	2	4	6	8	10	12	16
5	5.4	5.4	5.2	5.3	5.4	5.4	5.5	5.6
10	5.3	5.3	5.4	5.5	5.4	5.5	5.5	5.6
15	5.4	5.4	5.3	5.2	5.4	5.5	5.6	5.7
25	5.4	5.5	5.2	5.5	5.5	5.6	5.5	5.6

TAFLA N° 2

Tamaño medio d e partículas de caliza		Malla -35 + 60						
Tiempo	meq $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. de muestra							
(dias)	0	2	4	6	8	10	12	16
5	5.3	5.3	5.5	5.5	5.6	5.8	6.0	6.3
10	5.3	5.4	5.7	5.6	5.8	6.3	6.5	6.6
15	5.4	5.4	5.6	5.7	5.9	6.3	6.7	6.7
25	5.4	5.4	5.6	5.8	6.0	6.4	6.8	6.8
35	5.3	5.4	5.5	5.8	6.0	6.4	6.6	6.7

TABLA N° 3

Tamaño medio de partículas de caliza Malla -60 + 100

Tiempo (días)	meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
	0	2	4	6	8	10	12	16
5	5.3	5.4	5.5	5.6	6.0	6.2	6.3	6.3
10	5.4	5.5	5.9	6.1	6.6	6.9	7.0	6.8
15	5.4	5.5	6.0	6.3	6.7	6.9	7.3	7.5
25	5.5	5.6	5.8	6.3	6.6	6.9	7.4	7.8
35	5.4	5.6	5.8	6.3	6.7	6.9	7.1	7.8

TABLA N° 4

Tamaño medio de partículas de caliza Malla -100 + 150

Tiempo (días)	meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
	0	2	4	6	8	10	12	16
5	5.5	5.5	5.6	5.6	5.8	6.1	6.3	6.6
10	5.3	5.4	5.8	6.3	6.6	6.7	7.0	7.2
15	5.4	5.4	5.7	6.5	6.6	6.8	7.2	7.3
25	5.4	5.6	6.0	6.4	6.8	7.0	7.5	7.8
35	5.4	5.6	5.9	6.5	6.8	7.2	7.2	7.7

MUESTRA B

TABLA N°5

Tamaño medio de partículas de caliza Malla -10 + 20

Tiempo (días)	meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
	0	2	4	6	8	10	12	16
5	4.2	4.2	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4	4.6
10	4.3	4.2	4.2	4.1	4.3	4.4	4.5	4.5
15	4.3	4.3	4.2	4.2	4.3	4.3	4.5	4.5
25	4.3	4.3	4.2	4.2	4.3	4.5	4.5	4.6
35	4.3	4.2	4.2	4.2	4.2	4.5	4.5	4.5

TABLA N° 6

Tamaño medio de partículas de caliza Malla - 55 + 60

Tiempo (días)	meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
	0	2	4	6	8	10	12	16
5	4.5	4.8	5.0	5.1	5.2	5.7	5.9	6.1
10	4.6	4.8	5.0	5.1	5.3	5.8	5.9	6.2
15	4.5	4.9	5.0	5.1	5.3	5.7	5.9	6.3
25	4.5	4.8	5.0	5.2	5.4	5.7	6.0	6.3
35	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.8	6.1	6.5

TABLA N° 7

Tamaño medio de partículas de caliza Malla -60 + 100								
Tiempo	meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
(días)	0	2	4	6	8	10	12	16
5	4.4	4.6	4.8	5.2	5.6	6.1	6.8	6.8
10	4.3	4.5	4.8	5.1	5.8	6.2	6.9	7.2
15	4.4	4.7	5.1	5.4	5.8	6.4	6.9	7.5
25	4.4	4.7	5.0	5.4	6.0	6.3	6.9	7.8
35	4.4	4.8	5.0	5.4	6.1	6.4	6.8	8.0

TABLA N° 8

Tamaño medio de partículas de caliza Malla -100 + 150								
Tiempo	meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
(días)	0	2	4	6	8	10	12	16
5	4.6	4.8	5.3	5.6	6.1	6.2	6.7	6.8
10	4.7	4.9	5.2	5.7	6.0	6.2	6.8	6.9
15	4.6	4.9	5.4	5.8	6.2	6.3	6.7	7.0
25	4.6	4.9	5.4	5.8	6.2	6.4	6.8	7.2
35	4.6	5.0	5.4	6.2	6.4	6.8	6.8	7.1



**E3b.- DATOS EXPERIMENTALES DE LAS MEDIDAS DEL ALUMINIO**

**INTERCAMBIABLE**

Los valores experimentales del aluminio intercambiable extraído con una solución de HCl 1 N en meq/ 100 gr. muestra se dan en las siguientes tablas :

**MOUESTRA A**

**TABLA N°9**

Tamaño medio de partículas de caliza	Malla -10 + 20							
Tiempo	meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
(días)	0	2	4	6	8	10	12	16
10	3.6	3.2	3.2	3.4	3.5	3.1	3.2	3.0
35	3.5	3.3	3.2	3.2	3.0	2.8	2.8	2.6

**TABLA N° 10**

Tamaño medio de partículas de caliza	Malla -35 + 60							
Tiempo	meq. $\text{CaCO}_3$ /100 gr. muestra							
(días)	0	2	4	6	8	10	12	16
10	3.4	2.9	2.2	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0
35	3.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TABLA N° 11

Tamaño medio de partículas de caliza Malla -60 + 100

Tiempo	meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. de muestra							
(dias)	0	2	4	6	8	10	12	16
10	3.5	2.2	1.2	1.0	0.7	0.5	0.1	0.1
35	3.6	1.9	1.3	1.0	0.6	0.1	0.0	0.0

TABLA N° 12

Tamaño medio de partículas de caliza Malla -100 +150

Tiempo	meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. de muestra							
(dias)	0	2	4	6	8	10	12	16
10	3.5	1.9	0.9	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0
35	3.4	1.5	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0

TABLA N° 13

MUESTRA B

Tamaño medio de partículas de caliza Malla - 10 + 20

Tiempo	meq. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. de muestra							
(dia)	0	2	4	6	8	10	12	16
10	4.2	4.2	4.1	4.0	3.8	3.5	3.2	3.3
35	4.1	4.1	4.2	3.9	3.8	3.5	3.1	3.0

TABLA N° 14

Tamaño medio de partículas de caliza Malla -35 + 60

tiempo (días)	mg. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
	0	2	4	6	8	10	12	16
10	4.5	4.2	3.9	3.5	2.9	2.2	1.8	1.5
35	4.5	4.1	3.8	3.3	2.5	1.7	1.4	1.2

TABLA N° 15

Tamaño medio de partículas de caliza Malla - 60 + 100

tiempo (días)	mg. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
	0	2	4	6	8	10	12	16
10	4.4	1.9	1.3	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1
35	4.4	1.4	0.6	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0

TABLA N° 16

Tamaño medio de partículas de caliza Malla - 100 + 150

tiempo (días)	mg. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra							
	0	2	4	6	8	10	12	16
10	4.3	1.9	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1
35	4.2	1.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0

14. • TRAZADO DEL GRAFICO :

pH      Vs.      meq.  $\text{CaCO}_3$  / 100 gr. suelo

GRAFICO 1. A

MUESTRA A

pH Vs.  $\frac{\text{meq. CaCO}_3}{100 \text{ gr muestra}}$

Instrumento : pH-METRO PORTATIL TIPO GKA

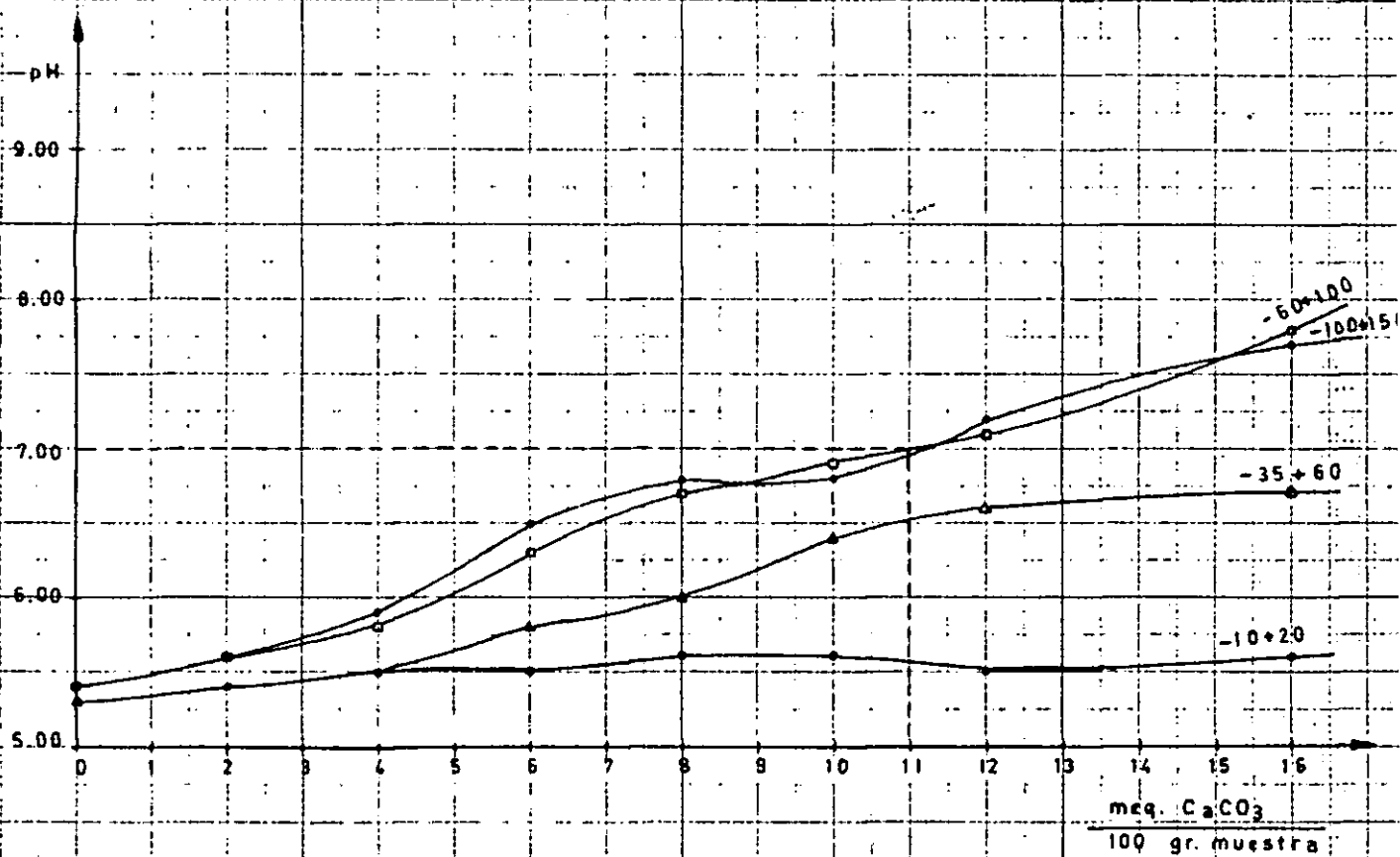


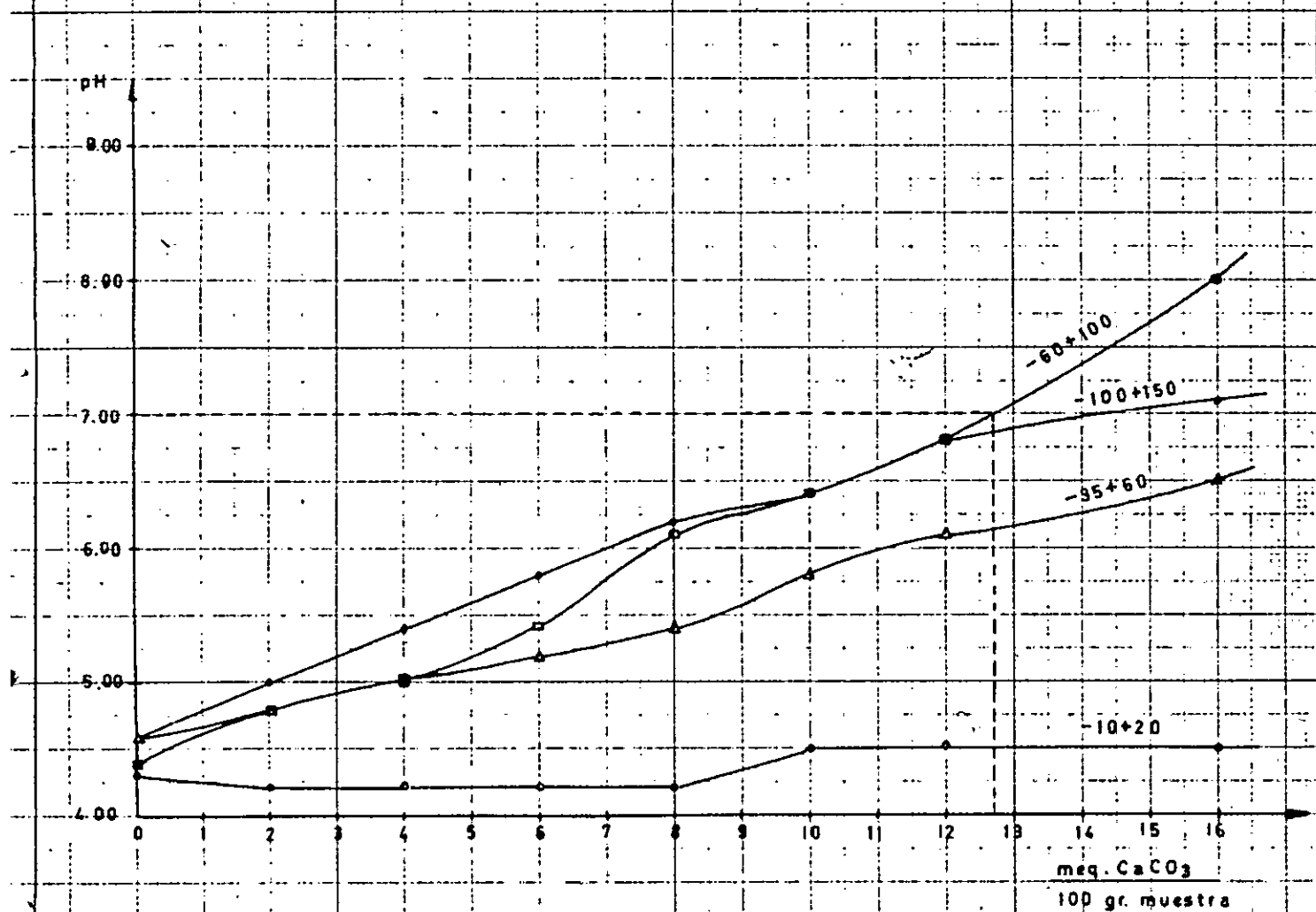


GRAFICO 1-B

MUESTRA B

pH Vs  $\frac{\text{meq. CaCO}_3}{100 \text{ gr. muestra}}$

Instrumento: pH-METRO PORTATIL TIPO GKA



B5.- CALCULO DE LA CANTIDAD DE CALIZA REQUERIDA POR HA

B5a.- MUESTRA A

Del gráfico N° 1A se observa que las partículas de caliza más efectivas en neutralizar la acidez son las correspondientes a un tamaño promedio de -60 + 100 mallas, obteniéndose:

Para pH - 7.0 , N° meq.  $\text{CaCO}_3$  11.0  
100 gr muestra

Sabemos que:

1 meq.  $\text{CaCO}_3$  0.050 gr.  $\text{CaCO}_3$   
11.0 meq.  $\text{CaCO}_3$  x gr.  $\text{CaCO}_3$

x = 0.55 gr.  $\text{CaCO}_3$  / 100 gr. muestra

Por consiguiente :

1.00 gr. caliza 0.915 gr.  $\text{CaCO}_3$   
x gr. caliza 0.550 gr.  $\text{CaCO}_3$

Tomando el valor dado por HALL D.

( ) del peso promedio de una hectárea de terreno tenemos:

0.1 Kg muestra  $6.0 \times 10^4$  Kg caliza  
 $2.4 \times 10^6$  Kg muestra x Kg caliza

x = 14,000 Kg. caliza / Ha



Entonces para neutralizar la acidez de los suelos, correspondientes a la muestra A requieren 14.0 Tn de caliza/Há .

**B5b.- MUESTRA B**

Del gráfico N° se observa que las partículas de caliza más efectivas en neutralizar la acidez son las correspondientes a un tamaño promedio de -60 + 100 mallas, obteniéndose:

Para pH - 7.0 ;      N° meq.  $\text{CaCO}_3$       12.7  
100 gr muestra

Análogamente como el caso anterior:

1 meq $\text{CaCO}_3$	0.050 gr $\text{CaCO}_3$
12.7 meq $\text{CaCO}_3$	x gr $\text{CaCO}_3$
x - 0.635 gr. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr muestra	

Por consiguiente :

1.00 gr. caliza	0.915 gr. $\text{CaCO}_3$
x gr caliza	0.635 gr. $\text{CaCO}_3$

x - 0.682 gr caliza / 100 gr muestra

Peso de la capa arable :  $24 \times 10^6$  Kg/Há

Luego:

$$\begin{array}{rcl}
 & 0.1 \text{Kgr. muestra} & 6.82 \times 10^{-4} \text{ Kg caliza} \\
 2.4 \times 10^6 & \text{Kg. muestra} & \times \text{ Kg caliza} \\
 & \times - 16,368 \text{ Kg caliza / H\AA} & 
 \end{array}$$

Es decir, la neutralización de la acidez de suelos correspondientes a la muestra B requerirán 16.4 Tn caliza/ H\AA.

#### 26.- CALCULO DEL ALUMINIO INTERCAMBIABLE

Sabiendo que para 5.00 gr. de muestra se ha empleado 50 ml. de solución extractora de KCl, entonces para la alícuota de 10 ml. del extracto le corresponderá 1.00 gramos de muestra.

En el punto de equivalencia:

meq de Aluminio - meq. de base

meq.de aluminio - Normalidad NaOH x

Volumen gastado NaOH

Para 100 gr. de muestra:

meq. de aluminio -  $N \times V \times 100$

100 gr. muestra

Los resultados pueden verse en las páginas N° 84 - 86.



## P.- RESULTADOS

### P1.- MUESTRA A

- a.- Muestra de caliza : 91.5 %  $\text{CaCO}_3$
- b.- pH inicial : 5.4
- c.- Aluminio cambiante: 3.6 meq/ 100 gr muestra
- d.- Del gráfico N° 1A

Para la elevación del pH 5.4 a 7.0 , se requieren:

d1.- meq $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra	11.0
d2.- gr. $\text{CaCO}_3$ / 100 gr. muestra	0.55
d3.- gr. caliza/ 100 gr. muestra	0.60
d4.- Tn caliza / H <sub>2</sub>	14.4

- e.-Tamaño de partículas de caliza más efectivas:  
-60 +100 mallas (Tyler)

### P2.- MUESTRA B

- a.- Muestra de caliza : 91.5 %  $\text{CaCO}_3$
- b.- pH inicial : 4.5
- c.- Aluminio cambiante : 4.3 meq/ 100 gr muestra
- d.- Del gráfico N° 1 B

Para la elevación del pH 4.5 a 7.0 , requieren:

d1.- meq $\text{CaCO}_3$ / 100 gr muestra	12.7
d2.- gr $\text{CaCO}_3$ / 100 gr muestra	0.636
d3.- gr caliza/ 100 gr muestra	0.682

dh.- Ton caliza / H<sub>2</sub> : 16.4

e.-Tamaño de partículas de caliza más efectivas:

-60 + 100 mallas (Tyler)

#### 0.- DISCUSION DE RESULTADOS

Tal como se puede observar, los resultados más satisfactorios que experimentalmente se han obtenido son cuando se ha utilizado una caliza (91.5 %  $\text{CaCO}_3$ ) de un tamaño medio de partículas de -60+100 mallas (Tyler). En efecto los resultados usando partículas de tamaño -10+20 mallas prácticamente no realizan ningún efecto neutralizante, esto se debe a que posiblemente sean lixiviadas ó se recubran de una capa de revestimiento fosfático haciéndolos insolubles en la solución del suelo; usando partículas de tamaño medio : - 35 + 60 mallas el efecto neutralizante es notable pero no se logra elevar el pH deseado, alcanzando tan sólo el valor de 6.8; en cambio los resultados empleando partículas de -60+100 mallas su efecto es completamente satisfactorio.

Los resultados empleando partículas de -100 +150 su acción es rápida pero desaparece lentamente, debido a que posiblemente sean lixiviadas por el tamaño que tienen.

Con respecto al aluminio intercambiable, vemos que efectivamente la caliza neutraliza el efecto ácido del aluminio anulándolo progresivamente su actividad a una velocidad dependiente del tamaño de partículas empleada.

Todo lo expuesto se explica que se debe a la potencia iónica debido al aumento de superficie de reacción.

FUNDAMENTOS Y TECNICA PARA LA UTILIZACION DE  
CALIZA EN LA CORRECCION DE ACIDEZ DE LOS SUELOS DE LA AMAZONIA  
PERUANA

TECNICA

C A P I T U L O

G U A R T O

TECNOLOGIA GENERAL

A.- PROSPECCION DE LOS YACIMIENTOS

A1.- CRITERIOS DE PROSPECCION

Los criterios de prospección de los yacimientos arrancan de los mapas geológicos, de pares aerofotograficos de la zona y del análisis de las muestras.

B.- EXPLOTACION DE LOS YACIMIENTOS ELIGIDOS

La explotación de los yacimientos comprende dos etapas:

B1.- Determinación de la potencia del yacimiento.-

El cálculo de la potencia comprende dos partes:

B1a.- Desescombramiento

Consiste en el retiro de los materiales no calizos superyacentes a los estratos.

B1b.- Sondajes diamantinos

Que sirve para determinar la cantidad y calidad de los estratos.

B2.- Extracción de caliza

La extracción comprende tres etapas:

**B2a.- Arranque**

Consiste en el desplazamiento de los volúmenes calizos mediante el empleo de explosivos.

**B2b.- Acarreo**

Trata sobre la manipulación del material de las menas arrancadas a los sistemas de transporte.

**B2c.- Transporte**

Se refiere al transporte de la carga hasta a la planta de operación.

**C.- DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES DE PLANTA PARA LA PREPARACION DE HARINA DE CALIZA**

La preparación de harina de caliza se logra a través de una serie de operaciones unitarias que a continuación se nombran :

- C1.- Separación mecánica por tamaño**
- C2.- Trituración**
- C3.- Molienda**
- C4.- Almacenamiento**
- C5.- Manipulación del material**



**C1.- SEPARACION MECANICA POR TAMAÑOS**

Esta etapa estudia las operaciones que tienen por objeto la separación de partículas por tamaño a fin de lograr un buen funcionamiento de las correspondientes unidades de trituración y molienda.

La separación mecánica comprende dos partes : Un cribado inicial y un cernido después de la trituración mediante un tamiz fijo ó grizzly.

**C1a.- CRIBADO INICIAL**

Esta operación tiene la finalidad de separar elementos mayores de 8", llevándose a cabo mediante un emparrillado de barras de fierro fundido ó raíles usados cuya dimensión será igual a la boca de la tolva N° 1.

La alimentación al emparrillado es por vuelco directo de los medios de transporte. Los elementos mayores de 8" serán retirados del emparrillado y reducidos a golpe de comba.

Un elemento importante a considerar es la dosificación de material a la trituradora, operación que estará a cargo de un hombre quien controlará que se efectúe con el caudal calculado

**01b.- TAMIS FIJO (GRIZZLY)**

Este equipo está destinado a fin de aumentar el rendimiento de la trituradora y dejará pasar solamente partículas menores de 2" y estará ubicada en la boca de la trituradora. Su construcción se llevará a cabo con barras rígidas acoradas dispuestas paralelamente con una separación de 2", mayores detalles sobre su diseño se da en el siguiente capítulo.

**02.- TRITURACION**

La trituración tiene por objeto dar a la alimentación una primera fragmentación hasta un tamaño máximo de 2".

Para la reducción de tamaños se tendrá muy en cuenta el grado de humedad del material, el cual no deberá sobrepasar del 4%, dado que la zona donde se proyecta la planta es de alta precipitación pluvial.

**03.- MOLIENDA**

Esta operación tiene por finalidad la reducción del tamaño de 2" hasta partículas que atra-

viesen aproximadamente el 100% un tamiz de 48 mallas por pulgada lineal. La reducción se llevará a cabo en molino de bolas, cuyo diseño y selección se da en el capítulo siguiente.

#### C4.- EQUIPO DE ALMACENAMIENTO

Con el fin de facilitar las operaciones de planta así como también su control, será necesario la instalación de cuatro tolvas de almacenamiento. Para lo cual deberá aprovecharse en lo máximo la geografía del terreno de manera que pueda ahorrarse consumo innecesario de energía en la manipulación de material.

La tolva de gruesos (N°1) tendrá como finalidad el almacenamiento del material acarreado de los yacimientos. Su construcción será de madera y revestida de placas de acero en el lado expuesto a los choques de los bloques descargados. Su capacidad se ha calculado teniendo en cuenta que pueda almacenar para un día de trabajo más un 65%. La descarga se llevará a cabo mediante un alimentador vibratorio a fin de que pueda asegurar una alimentación uniforme y continua a la trituradora.

La tolva N° 2 tiene por objeto almacenar el producto triturado por la chancadora listo para su transporte a la planta de molienda.

La tolva N° 3 almacenará el producto transportado de la planta de trituración. Estará constituida por dos piezas una superior de forma de paralelepípedo recto y otra inferior de tronco de pirámide equilátera, y además dispondrá de un equipo mecánico para el control de salida.

La tolva de finos estará compuesta de cuatro compartimientos, siendo cada uno exactamente igual a la tolva N°3, con una capacidad de almacenamiento de 5 días de producción. Además cada salida dispondrá de un alimentador eléctrico para regular la salida del producto durante el ensacado.

#### **05.- EQUIPO DE MANIPULACION DE MATERIAL**

La manipulación del material se llevará a cabo mediante cuatro unidades.

##### **05a.- ALIMENTADOR VIBRATORIO**

Este equipo tiene la finalidad de proporcionar una alimentación uniforme a la chancadora.

##### **05b.- PAX LOADER**

En la planta de molienda su función será la descarga del material de las Chatas con el consiguiente carguío a los carros de transporte referidos en el siguiente acápite.

**C5c.- CARRROS DE TRANSPORTES**

En la planta de molienda se ené cargarán del acarreo del material recibido del Pay Loader a la tolva N° 3 ó a la cancha de la misma planta.

**C5d.- ELVADORES DE CANGILONES**

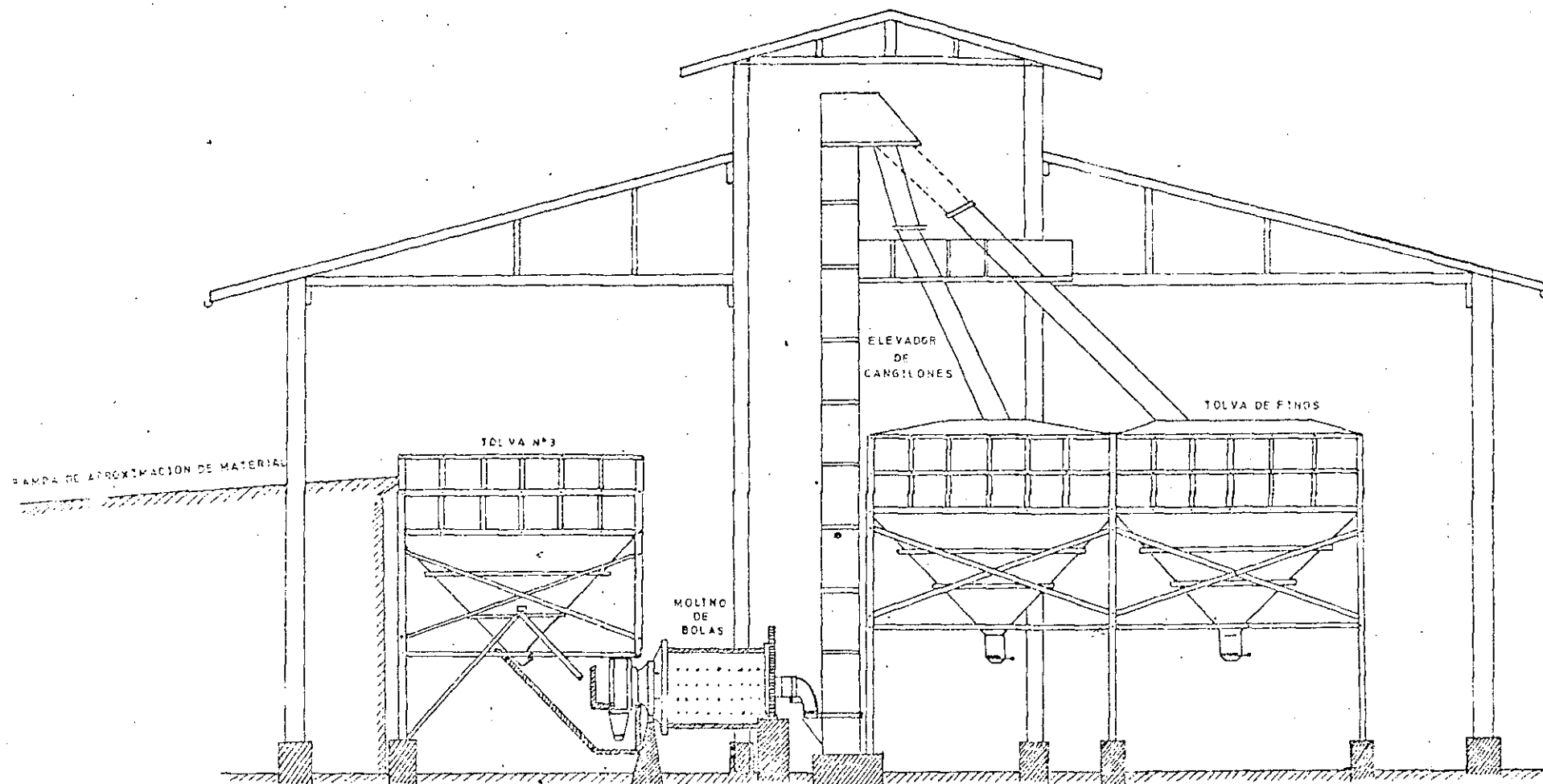
Estos transportadores constan de unos recipientes llamados cangilones. Su finalidad será el acarreo de la harina de caliza a las tolvas de almacenamiento. Estos equipos constan de una estación motora ubicada en la parte superior. La carga cae por un vertedero situado b ajo la rueda inferior, luego de recorrer una distancia conveniente la carga es lanzada fuera de los cangilones por la acción de la fuerza ce ntrífuga cuando estos pasan sobre la rueda superior.

D.- PLANO DE PERFIL DE LA PLANTA DE TRITURACION (Plano N° T-2)



E.- PLANO DE PERFIL DE LA PLANTA DE MOLIENDA (Plano N° H-21)





U.N.M.S.M

Programa Académico de Química e Ingeniería Química

Tesis que presentan:

CARMEN A. ORIHUELA RIVERA Y MANUEL R. ORIHUELA RIVERA  
para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Química

VISTA DE PERFIL DE LA PLANTA DE MOLIENDA

Escala: 1/100

Fecha: Setiembre 1975

Plano N° M-2

C A P I T U L O

Q U I N T O

I N G E N I E R I A

A.- CALCULO DE DISEÑO Y SELECCION DEL EQUIPO DE PLANTA

A1.- EQUIPO DE REDUCCION DE TAMAÑO

Los factores que deberá tomarse en cuenta para el diseño y selección del equipo de reducción son los siguientes:

Dureza : 2.5  
Contenido de humedad : 4.0 %  
Densidad 2.65 gr/cm<sup>3</sup>  
Tamaño de la alimentación :  
Tamaño del producto :  
Tonelaje horario a reducir : 9.375 TM

El método adoptado en la trituración de la potencia requerida para la trituración y molienda es el producto por Fred. C. Bond, cuyos resultados están dados por la siguiente expresión:

$$G.E. = 0.815 W_1 T \quad \begin{matrix} 1 & 1 \\ P & F \end{matrix}$$

en donde :

G.E. - Potencia requerida en CV

T - Alimentación TM/minuto

F - Tamaño promedio de partículas de alimentación en metros.

P - Tamaño promedio de partícula del producto en metros.

$W_1$  - Índice de trabajo KW-hr/TM.

**Ala.- TRITURACION**

**Alam.- CALCULO DEL CONSUMO DE ENERGIA**

Para evaluar el consumo de energía se ha usado la ecuación referida en la página anterior.

Datos:

P - 8.0 pulg. - 0.20 m

P - 2.0 pulg. - 0.05 m

T - 0.156 TM/ minuto

$W_1$  - 16.96 KW-hr/TM

Luego:

GE -	0.815	(16.96)(0.156)	.1	1
			0.05	0.20

GE - 4.86 OV

GE - 4.79 HP

Considerando que la trituradora sólo tiene una eficiencia del 40% , entonces:

GE - 11.98 HP (potencia actual)

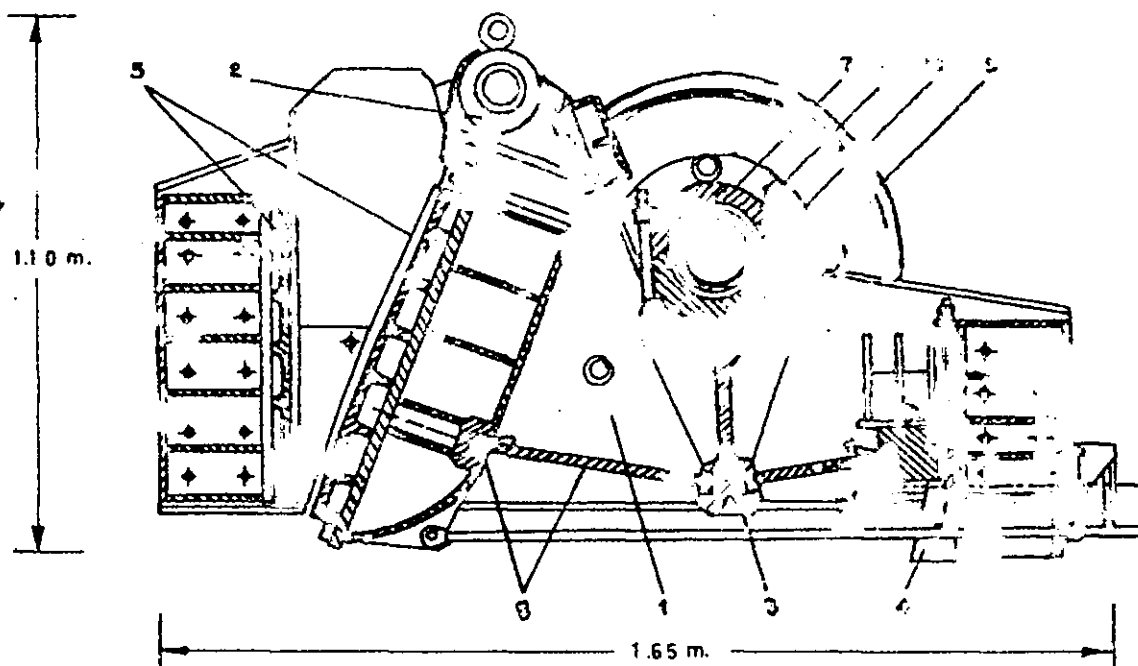
**Alam.- SELECCION DE LA TRITURADORA**

Tamaño de la boca : 15" (largo) x 9" (ancho)

Tamaño de los trozos a quebrar

hasta aproximadamente 8" a 12"

Rendimiento (De 8" a 2")	10 TM/hr
Ajuste de la descarga	1" a 2.5"
Potencia necesaria	10 Hp
Potencia recomendada	15 Hp
Velocidad del eje exentrico	250-275 RPM
Peso completo	5444 Kg
Dimensiones extremas:	
Largo	1.65 m
Ancho	1.65 m
Alto	1.10 m
Tamaño de la polea motriz	0.61 x 0.28 m



- (1) Carcasa
- (2) Portamandíbulas oscilante
- (3) Balancín
- (4) Cuña de ajuste
- (5) Mandíbulas
- (6) Eje excéntrico
- (7) Rodamientos
- (8) Placas de articulación
- (9) Volante
- (10) Biela

U.N.M.S.M.

Programa Académico de Química e Ingeniería Química

Tesis que presentan:

CARMEN A. ORIHUELA RIVERA Y MANUEL R. ORIHUELA RIVERA,

para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Química

VISTA FRONTAL DE LA TRITURADORA

Escala: 1/7

Fecha: Setiembre 1975 Dibujo N° 1

**Alb.- MOLIENDA**

**Albm.- CALCULO DEL CONSUMO DE ENERGIA**

Datos:

$P = 2.0 \text{ pulg.} = 5.08 \text{ cm} = 0.0508 \text{ m}$

$P = 48 \text{ mallas/pulg lineal} = 295 \times 10^{-6} \text{ m}$

$T = 9.375 \text{ TM/h} = 0.1562 \text{ TM/minuto}$

$W_1 = 16.96 \text{ Kw-h/TM}$

Luego:

$G.E. = 0.815(16.96)(0.1562) \quad 1 \quad 1$   
 $295 \times 10^{-6} \quad 0.0508$

$G.E. = 116.23 \text{ CV}$

$G.E. = 114.63 \text{ Hp}$

Considerando que el molino de bolas tiene una eficiencia del 90% :

$G.E. = 127.34 \text{ Hp}$

**Albm.- SELECCION DEL MOLINO DE BOLAS**

Tipo :  $6' (1.830) \text{ m} \times 8' (2.438) \text{ m}$

Peso medio de la carga de bolas  $10.4 \text{ TM}$

Capacidad por 24 hr de 2" a

$48 \text{ mallas/pulg lineal} \quad 250 \text{ TM}$

Potencia necesaria  $115 \text{ Hp}$

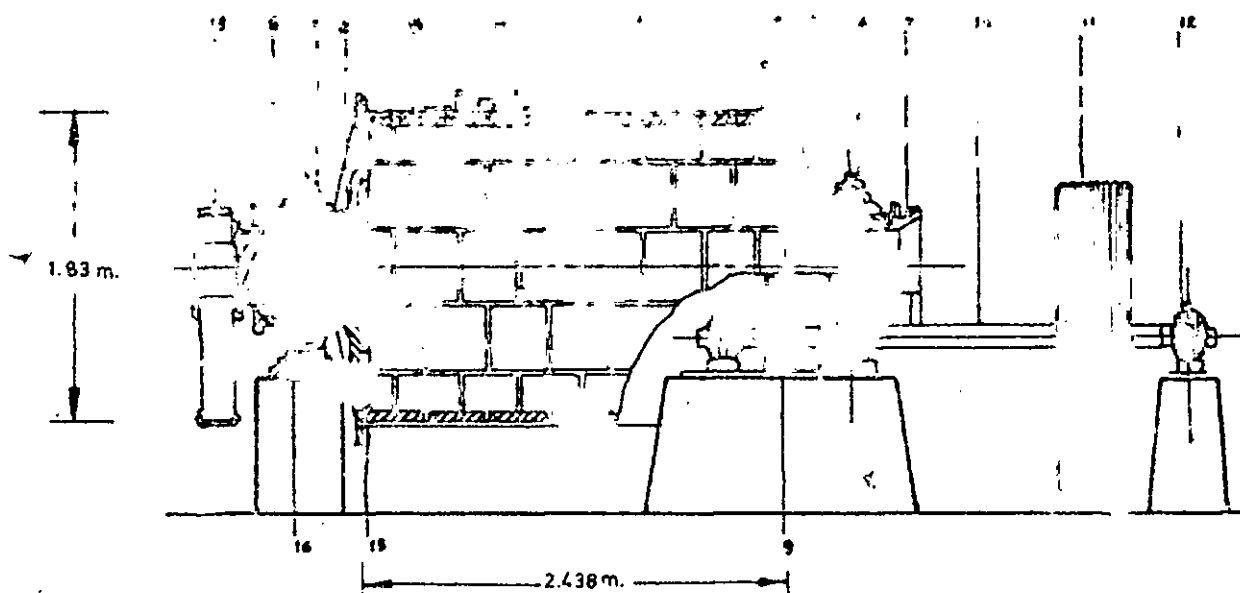
Potencia recomendada  $150 \text{ Hp}$

Velocidad del molino  $20 \text{ RPM}$

Transmisión de engranajes de

dientes escalonados  $115 \text{ RPM}$

Tamaño de la polea  $213.3 \times 48.3$   
 $\text{cm.}$



- (1) Virota
- (2) Muñe illa lado carga
- (3) Muñequilla lado de carga
- (4) Cojinete lado descarga
- (5) Cojinete lado carga
- (6) Boca lado carga
- (7) Boca lado descarga
- (8) Corona
- (9) Piñón
- (10) Eje contramarcha
- (11) Polea
- (12) Cojinetes contramarcha
- (13) Cuchara de alimentación
- (14) Blindajes radiales
- (15) Blindajes laterales
- (16) Placa de ento cojinete molino
- (17) Puerta molino

U.N.M.S.M	
Programa Académico de Química e Ingeniería Química	
Tesis que presentan:	
CARMEN A. ORIHUELA RIVERA Y MANUEL R. ORIHUELA RIVERA	
para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Química	
VISTA FRONTAL DEL MO NO DE BOLAS	
Escala: 1:0 = 0.44 m	Setiembre 1975 Dibujo N° 2

**A2.- EQUIPO PARA LA SEPARACION MECANICA POR TAMAÑOS**

**A2a.- TAMIZ EMPARRILLADO**

El emparrillado se construirá de barras rígidas, dispuestas paralelamente con una separación de 8", las cuales podrán ser de hierro fundido ó railes usados.

Area útil - Area de la boca de la tolva N° 1  
- 49 m<sup>2</sup>

**A2b.- TAMIZ FIJO (GRIZZLY)**

**A2bm.- Cálculo del área de cribado**

El grizzly se construirá de barras rígidas de acero, espaciadas unas de otras una distancia de 2".

El diseño se ha realizado para una capacidad diaria de 225 TM (252.0 Toneladas cortas).

Según Taggart (40), una parrilla de 1 pie<sup>2</sup>, cuyas barras estan espaciadas 1 pulgada trata 125 Tn, o cortas en 24 horas.

Tomando como base el valor referido para el diseño se tendrá que:

Area	-	252.0 Tns. cortas
		125.0 Tons cortas/pie <sup>2</sup>



$$\text{Area} = 2.02 \text{ pies}^2$$

entonces para un emparrillado de 2" (5.08 cm)  
el área del grizzly será de :

$$\text{Area} = 2.02 \text{ pies}^2 \times 2.0 \text{ pulg.} \\ 1 \text{ pulg.}$$

$$\text{Area} = 4.03 \text{ pies}^2$$

Muchos autores recomiendan que  
a l valor calculado hay necesidad de afectar-  
le un margen de seguridad de dos a tres veces  
el valor hallado, por lo que se tendrá:

$$\text{Area del grizzly} = 4.03 \text{ pies}^2 \times 3$$

$$\text{Area del grizzly} = 12.09 \text{ pies}^2$$

A2bn.- Cálculo de las dimensiones básicas

Generalmente estos casos se  
construyen teniendo en cuenta para los ceda-  
zos , teniendo en cuenta la relación empí-  
rica siguiente :

$$L (\text{largo}) = 1.6$$

$$H (\text{ancho})$$

Puesto que la forma del tamis  
es rectangular , entonces tendremos:

$$H^2 = \frac{12.09 \text{ pies}^2}{1.6}$$

$$H = 2.75 \text{ pies}$$

por consiguiente:

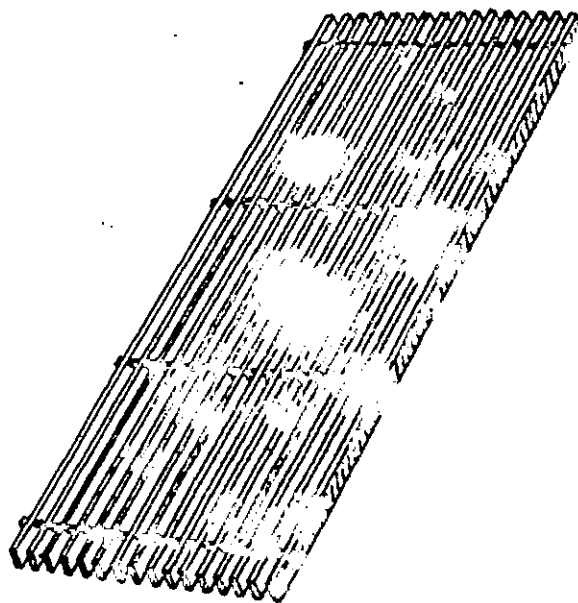
L - 1.6 (2.75) pies

L - 4.40 pies

Area del grizzly - 12.10 pies<sup>2</sup>

Inclinación : 45°

Barras de acero : 3/8" x 3/4" x 3#



Inclinacion : 45°

U.N.M.S.M		
Programa Académico de Química e Ingeniería Química		
que presentan		
CARMEN A. ORIHUELA RIVERA Y MANUEL R. ORIHUELA RIVERA		
para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Química		
GRIZZLY		
Escala : —	Fecha de Entrega : —	Dibujo : 3

**A5.- EQUIPO DE ALMACENAMIENTO DE MATERIAL**

El equipo de almacenamiento de material está integrado por cuatro tolvas de almacenamiento, cuyos diseños se muestran a continuación:

**A3a.- DISEÑO DE LAS TOLVAS DE GRUESOS (N° 1 y N° 2)**

Para el diseño primeramente se ha evaluado el volumen de caliza que almacenará durante los tres turnos al día, dándole un margen de seguridad del 65% de la capacidad referida.

Carga diaria de alimentación	225 TM
Margen de seguridad	225(0.65) = 125 TM
Carga total diaria	350 TM
Densidad de la caliza	2.65 TM/m <sup>3</sup>
Volumen de caliza a almacenar	132.10 m <sup>3</sup>

Dado que el material que se manipula no es del grano fino entonces debe considerarse un 30% de espacios vacíos por lo que el volumen real de la tolva será de:

$$\begin{aligned}\text{Volumen de la tolva} &= 132.10 (1+0.30) \text{ m}^3 \\ V &= 171.73 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Generalmente estas tolvas se construyen adoptando la forma de un prisma triangular recto, tal como puede verse en el dibujo N° 4

$$\text{Volumen de la tolva} = \text{Area de la base} \times \text{altura}$$

$$V = \frac{X \cdot X \cdot X}{2}$$

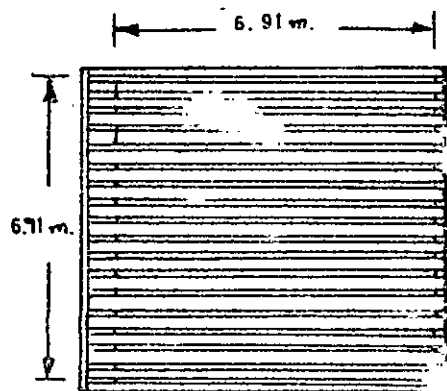
$$V = \frac{X^3}{2} \quad (b)$$

Iguando los miembros de las expresiones (a) y (b)

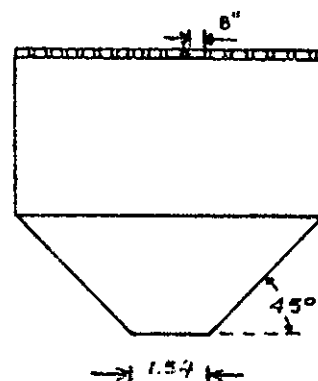
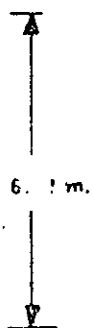
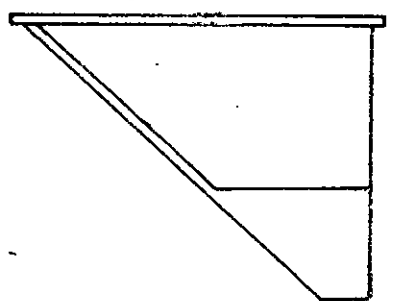
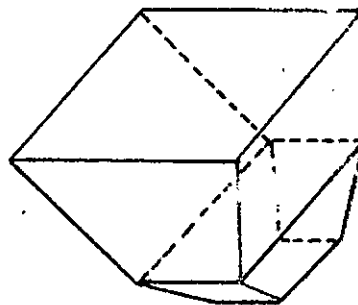
$$171.73 \text{ m}^3 = \frac{X^3}{2}$$

$$X = 6.92 \text{ m}$$

La inclinación de la cara inferior deberá ser de 45° y estar forrada con planchas de fierro a fin de facilitar el deslizamiento del material.



emparrillado



U.N.M.S.M
Programa Académico de Química e Ingeniería Química
Tesis que presentan:
CARMEN A. ORIHUELA RIVERA y MANUEL R. ORIHUELA RIVERA
para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Química
VISTA DE PLANTA FRONTAL Y PERFIL DE LA TOLVA N° 1
Escala: 1.0cm.=1.44m. Fecha: Setiembre 1975 Dibujo N° 4

A3b.- DISEÑO DE LA TOLVA N°3

Volúmen de caliza a almacenar - 171.73 m<sup>3</sup>/día

Las dimensiones de la tolva han sido calculadas empleando la siguiente relación deducida por geometría elemental:

$$\begin{array}{rcl} W & - & \frac{\tan L}{3} \\ V & & H \end{array}$$

en donde :

- W - Volúmen no utilizable
- V - Volúmen del paralelepípedo
- H - Altura de la tolva
- ángulo de deslizamiento de la caliza
- ángulo de reposo 15° - 30° + 15°
- 45°

Asumiendo:

$$\begin{array}{rcl} W & - & 0.40 \\ V & & \end{array}$$

$$V - 171.73 - 0.785 L^2 H$$

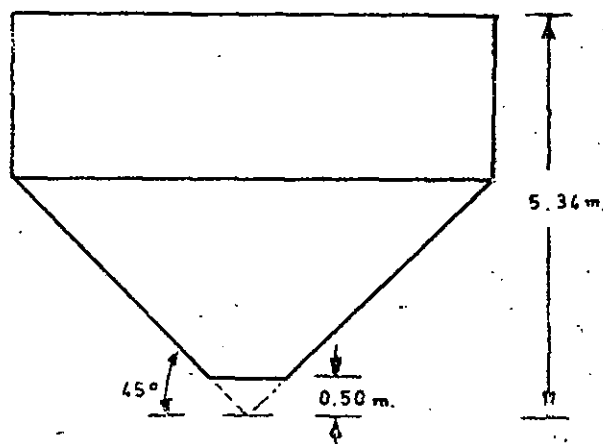
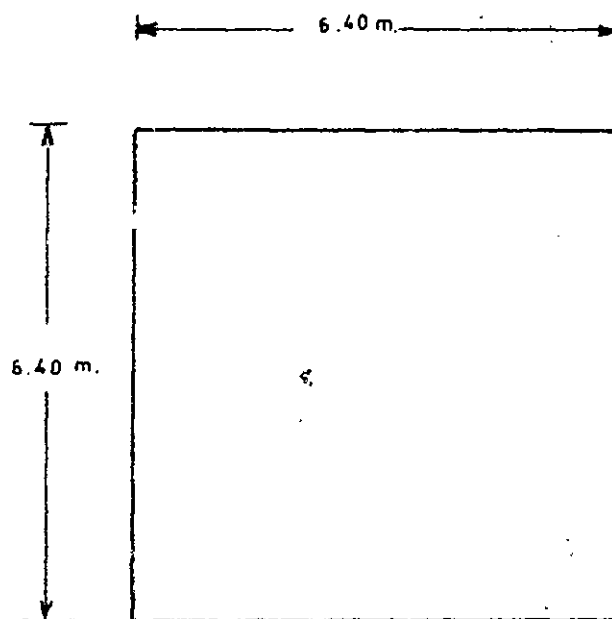
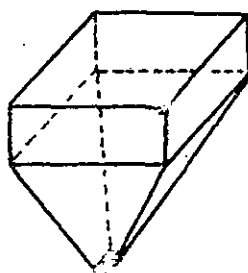
$$\begin{array}{rcl} H & - & \frac{171.73 \text{ m}^3}{0.785 L^2 \text{ m}^2} \quad \frac{218.76}{L^2} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 0.40 & - & \frac{\tan 45}{3} L \quad \frac{\tan 45}{3} L^3 \\ & & \quad \quad \quad 218.76/L^2 \quad \quad \quad 218.76 \end{array}$$

de donde:

$$L - 6.40 \text{ m}$$

$$H - 5.34 \text{ m}$$



U.N.M.S.		
Programa Académico de Química e Ingeniería Química		
Tesis que presentan:		
CARMEN A. ORIHUELA RIVERA Y MANUEL R. ORIHUELA RIVERA		
para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Química		
VISTA DE PLANTA Y FRONTAL DE LA TOLVA N° 3		
Escala 1.0cm=1.0m	Fecha Setiembre 1975	Dibujo N° 5



**A3c.- DISEÑO DE LA TOLVA DE FINOS**

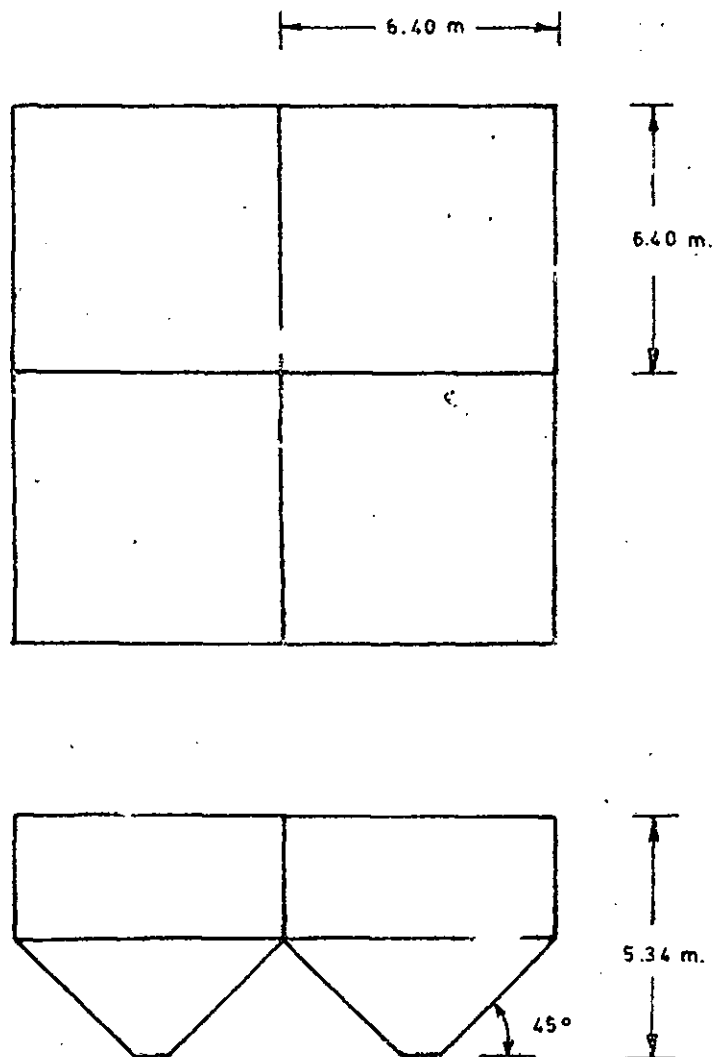
La tolva de finos está constituida por cuatro compartimentos, cada uno con las dimensiones de la tolva N° 3, afin de asegurar un almacenamiento correspondiente a 5 días de producción

Lo anteriormente expuesto está basado en los siguientes cálculos:

% de espacios vacíos en la harina de caliza 4%  
entonces:

Volúmen de harina de caliza	132.10(1 + 0.04)
Volúmen de la tolva N° 3	137.38 m <sup>3</sup>
	171.73 m <sup>3</sup>
Volúmen restante por tolva	34.35 m <sup>3</sup>
Volúmen restante por 4 tolvas	137.40 m <sup>3</sup>

De donde se concluye que cuatro tolvas similares a la N° 3 serán suficientes para almacenar el producto de 5 días de producción.



J.N.M.S.M		
Programa Académico de	Química e Ingeniería Química	
Tec:	que presentan:	
CARMEN A. ORIHUELA RIVERA	Y	MANUEL R. ORIHUELA RIVERA
para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Química		
VISTA DE PLANTA Y FRONTAL DE LA TOLVA DE FINOS		
Escala: como 1:8 m.	Fecha: Setiembre 1975	Dibujo N° 6

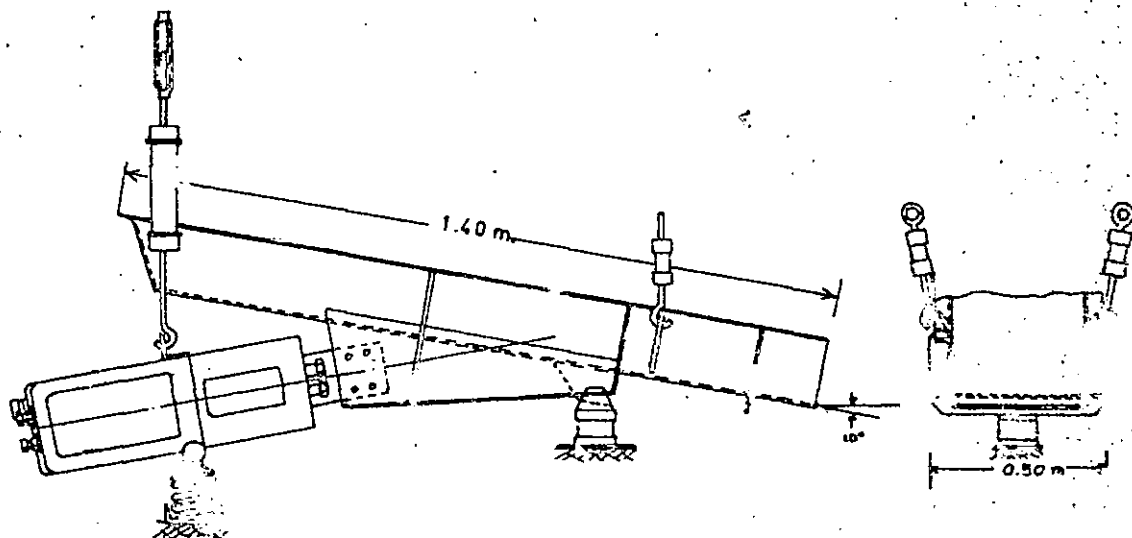
**A4.- EQUIPO DE MANIPULACION DE MATERIAL**

**A4a.- SELECCION DEL ALIMENTADOR PARA LA TRITURADORA**

De acuerdo a los cálculos de alimentación a la trituradora, se ha seleccionado el siguiente equipo:

Alimentador Vibratorio Tipo JEFFREY - TAYLOR  
N° 3 - DAG FINDER

Dimensiones :	Ancho	0.50 m
	longitud	1.40 m
Capacidad (regulable)		15 TM/h
Potencia del motor		2 Hp
Inclinación de descarga		10°

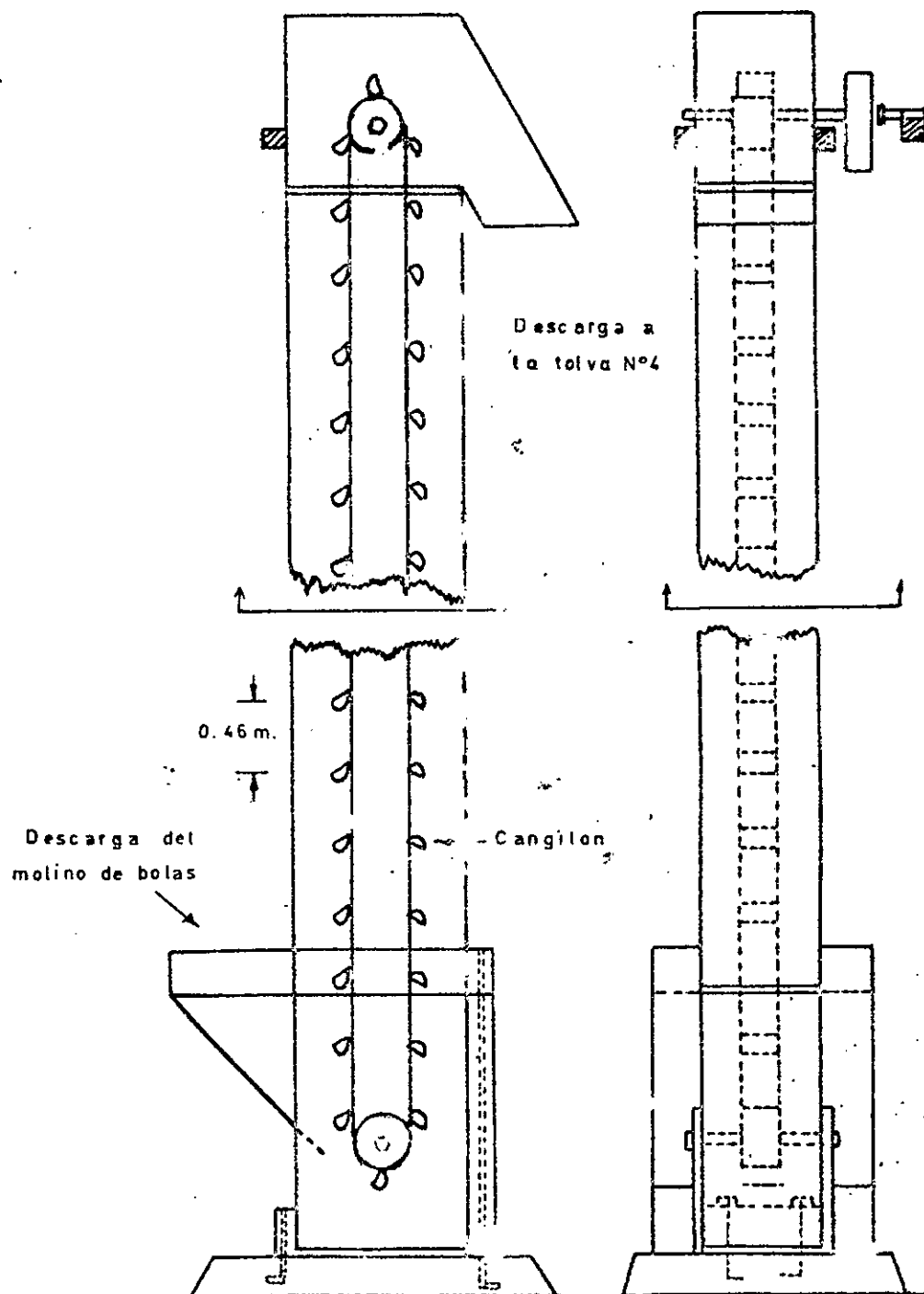


U.N.M.S.M	
Programa Académico de Química e Ingeniería Química	
Estudiantes presentan:	
CARMEN A. ORIHUELA RIVERA Y MANUEL R. ORIHUELA RIVERA	
para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Química	
VISTA FRONTAL Y PERFIL DEL ALIMENTADOR VIBRATORIO	
PARA LA TRITURADORA	
Escala: 1.0cm. = 0.15 m.	Fecha: Setiembre 1975
	Dibujo N° 7

alb .- SELECCION DEL ELEVADOR DE CANGILONES

Los datos que a continuación se indican han sido suministrados por la compañía peruana MAGENSA dedicada a la fabricación de estos equipos.

Dimensiones del cangilón	Largo	20.3 cm
	Ancho	12.7 cm
	Profundidad	14.0 cm
	Volúmen	1.9 cm <sup>3</sup>
Distancia entre centros	16 m	
Numero de cangilones	71	
Espaciamiento entre cangilones	0.46 m	
Velocidad entre cangilon	91.4 m/ minuto	
Capacidad del elevador con cangilones llenos hasta la mitad	13.4 TM/h	
Potencia necesaria (con cangilones llenos)	2 HP	
Tamaño de la polea motriz	Diámetro	81.3 cm
	Gara	11.43 cm
	Velocidad	40 RPM
Dispositivo de descarga	4 m.	



U.N.M.S.M		
Programa Académico de Química e Ingeniería Química		
Tesis que presentan:		
CARMEN A. ORIHUELA RIVERA Y MANUEL R. ORIHUELA RIVERA		
para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Química		
VISTAS FRONTAL Y PERFIL DEL ELEVADOR DE CÁNGILONES		
Escala: 19cm. = 0.46m	Fecha: Setiembre 1975	Dibujo Nº 8

A/c.- SELECCION DEL ALIMENTADOR PARA ENSACADO

Alimentador vibratorio Tipo JEFREY -TRAYLOR

Nº 2 - DL - FREBER

Dimensiones      Ancho      25 cm

Longitud      45 cm

Capacidad      8 TM/hr

Potencia      1/4 Hp

Inclinación de

descarga      25°

**B.- BALANCE DE ENERGIA**

El balance de energía estará dado por la fuerza motriz capaz de accionar las diversas unidades independientemente.

A fin de proveer cualquier contingencia, tanto la planta de trituración como la planta de molienda deberán disponer de un grupo electrógeno adicional de igual potencia efectiva.

**B1.- PLANTA DE TRITURACION**

MAQUINARIA	CONSUMO DE ENERGIA Hp
Alimentador vibratorio	2.0
Trituradora	15.0
Alumbrado y servicios (20% consumo de planta)	3.4
Margen de seguridad (30% consumo de planta)	5.1
TOTAL	25.5 - 19.0 Kw

Por lo que el equipo de trituración requerirá de un grupo electrógeno a Diesel de las características que a continuación se indican, las que han sido proporcionadas por la Firma Comercial Napredak - Maquinaria Industrial.



**1 GRUPO ELECTROGENO A DIESEL MARCA "HANSA"**

Que consta de :

**1 Generador de corriente alterna trifásica, marca "HANSA"**

Maquina con polos interiores, excitada diferencialmente por lo que tiene :

excitatriz acoplada sobre el mismo árbol, ejecución protección contra salpicadura de agua, cojinetes de rodillos, aislamiento propio para climas tropicales y dispositivo anti-parásito.

Tipo:	76-25-8
Potencia:	25 KVA
Potencia efectiva con Cos 0.8	20 KW
Voltaje :	240/139 voltios
Frecuencia:	60 ciclos/seg
Velocidad:	1200 RPM
Fuerza absorbida con Cos 0.8	31.8 Hp

El generador montado sobre una placa común de fundación de fierro forjado y acoplado directamente con:  
1 MOTOR DIESEL de 4 cilindros, marca MAN, modelo de cuatro tiempos , con refrigeración por agua.

Tipo:

Potencia normal al nivel del mar a 20°C	46 Hp
Potencia normal a 3200 msnm	32 Hp
Velocidad	1800 RPM

Calibre	140 mm
Carrera	180 mm
Cilindrada	5.54 lts.
Consumo de combustible en plena carga	184 g/Hp-hr
Consumo de aceite lubricante	3 -4 g/Hp-hr
y equipo e accesorio , válvulas, filtros, termómetros	
1 tablero de control, tipo autosoportado W 60	
1 Dispositivo de control en el motor de pare.	
1 Bomba de elevación de combustible.	

B2.- PLANTA DE MOLIENDA

MAQUINARIA	CONSUMO DE ENERGIA	Hp
Molino de b olas	150.0	
Alimentador de cangilones	2.0	
Alimentador para ensacado	2.0	
(4 de 1/2 Hp c /u )		
Taller de mantenimiento y reparación : 5% consumo de planta	5.5	
Alumbrado y servicios:		
5% consumo de planta	7.7	
Margen de seguridad : 20% del consumo de planta	30.8	
<b>TOTAL</b>	<b>200.2</b>	<b>150 KW</b>

Por lo que la planta de mollienda requerirá de un grupo electrógeno a Diesel de las especificaciones que se muestran a continuación, las cuales han sido proporcionadas por la Firma Comercial Napredak - Maquinaria Industrial.

**1 GRUPO ELECTROGENO A DIESEL MARCA "HANSA"**

Que consta de:

- 1 Generador Sincrónico de C.A. Trifásica Marca HANSA máquina de polos interiores, auto-excitada, auto-regulada con fuego de voltaje constante para montaje en el tablero, constancia de voltaje  $\pm 2\%$ , auto ventilada, con cojinete y aislación para climas tropicales protegida contra goteos de agua.

Tipo:	981/8
Potencia	187.5 KVA
Potencia efectiva con	
0.8	150 Kw
Velocidad	900 RPM
Frecuencia	60 e/seg
Voltaje	440/220 volt.
corriente máxima de fases	251 amp.

listo para el acoplamiento rígido y montaje sobre una base común de hormigón con:

**1 MOTOR DIESEL DE 4 CILINDROS, MARCA BLACKSTONE**

de cuatro tiempo, refrigerado por agua.

Tipo	ESS3
Potencia continua	250 Hp
Velocidad	900 RPM
Diametro interior de los cilindros	222.2 mm
Garrera cilindrada	292.1 mm 90.4 lt.
consumo de combustible a plena carga	170 g /Hp + 5%
Consumo de aceite lubricante	0.002 litros /Hp-hr

1 Tablero de control marca "HANSA" tipo F 400  
para una intensidad de corriente de aproxima-  
damente 400 amp y adicionalmente con:

- 1 medidor de kilovatios
- 1 relé de potencia de retorno
- 1 computador de ajuste de velocidad

1 Tablero pequeño de sincronización , con:

- 1 doble voltímetro
- 1 doble frecuencímetro
- 1 sincronoscopio

2 Interruptores de Sincronización

C.- RECUPO AUXILIAR DE ALMACENARI ETO

El equipo auxiliar de almacenamiento está integrado por las unidades para petróleo y agua de consumo industrial.

### **C1.- PLANTA DE TRIANGULACION**

**Clas.- TAN US PARA PETROLIO**

Según los cálculos de consumo de energía:

Consumo de combustible 184 gr. petróleo diesel N° 2  
Hp-h

Para la potencia total de planta:

18½ gr. de petróleo      x 25.5 Hp.  
Hp - hora

4,692.0 gr. de petróleo./ hr.

Per otro lad o :

Horas de trabajo - horas de trabajo teórico +  
30% margen de seguridad  
- 16 + 16(0.30)  
- 20.8 hr/dia

**Por consiguiente el consumo de combustible :**

Consumo diario - 4.7 Kg petróleo x 20.8 hr.  
hr. dia  
- 97.7 Kg. petróleo / dia  
215.0 lb/dia

Consumo diario - 215 lb/día  
7.69 lb/ galón

Consumo diario - 28.0 galones / día

Siendo un volúmen relativamente pequeño no merece la adquisición de un tanque, por lo que su almacenamiento se realizará en cilindros metálicos de 54 galones cada uno. Así mismo ello facilitará su transporte y manipuleo del puerto de descarga (rio Pachitea) a la planta misma de trituración.

**01b.- TANQUE PARA AGUA DE CONSUMO INDUSTRIAL**

El equipo será destinado para el grupo electrógeno.

Tres tanques Eternit, rectangulares con

tapa , de dimensiones 1.36 x 1.15 x 0.71 metros, con capacidad de 1000 litros.

G2.- PLANTA DE MOLIENDA

G2a.- TANQUE PARA PETROLEO

Según los cálculos de consumo  
de energía:

Consumo de combustible - 170 gr. petróleo diesel N°2  
Hp - h

Para la potencia total de plantas:

- 170 gr. petróleo x 200 Hp  
Hp-h

- 34.034.0 gr. petróleo /hr.

Por otro lado el trabajo diario:

Horas de trabajo - horas de trabajo teórico  
+30% margen de seguridad.  
- 16 + 16 (0.30)  
- 20.8 h/día

Consumo diario - 34.03 Kg/hr x 20.8 h/día

Consumo diario - 707.90 Kg. petróleo / día

Consumo diario - 1,559.30 lb/día

o también

Consumo diario - 1,559.30 lb/día

7.69 lb/ galón

- 202.80 galones /día

Para 8 días se consume :

- 202.80 gal/día x 8 días

- 1622.4 galones de petróleo.

Dada la magnitud de combustible merece la adquisición de un tanque para su almacenamiento, así también como medio de provisión.

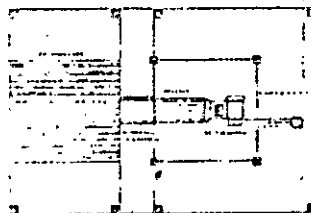
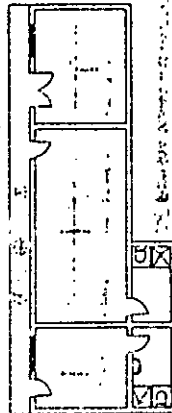
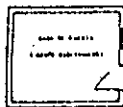
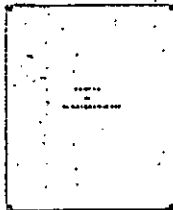
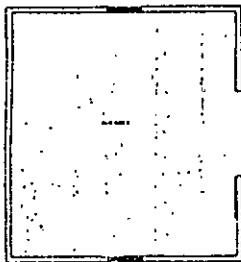
**02b.- TANQUE PARA AGUA DE CONSUMO INDUSTRIAL**

Es te equipo esta destinado para el abastecimiento de agua para el grupo electrógeno.

Cinco tanques Eternit rectangulares con tapa,  
de dimensiones : 1.86 x 1.15 x 0.71 m.  
con capacidad de 1000 litros cada uno.



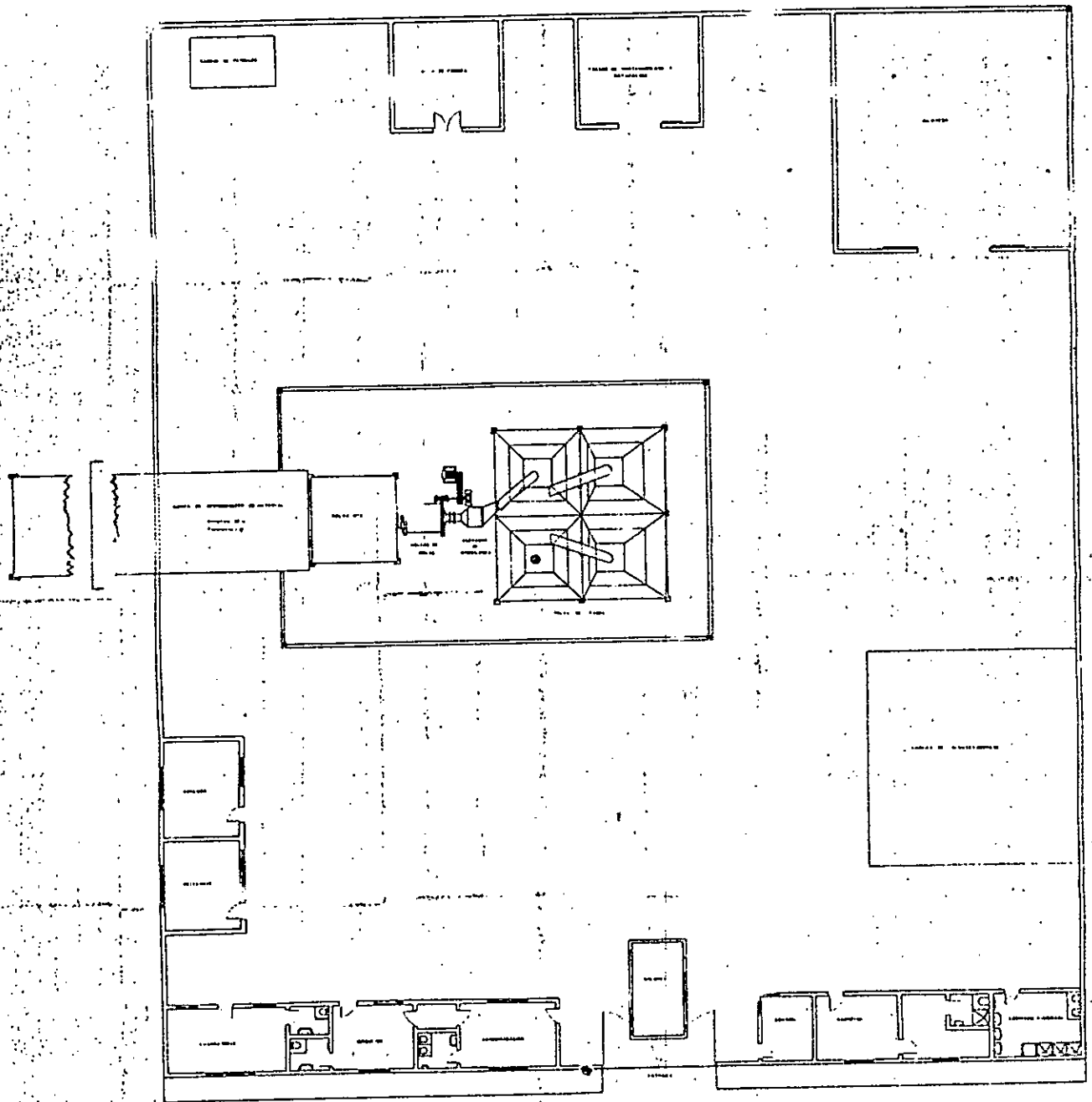
**D.- PLANO DE DISTRIBUCION DE LAS INSTALACIONES**  
**DE LA PLANTA DE TRITURACION**  
**(Plano N° T-3)**



NOTES	
Mapping of the rooms of the building is shown.	
Rooms are numbered 1 through 16.	
Rooms 1 through 16 are shown in the building.	
Rooms 1 through 16 are shown in the building.	
Rooms 1 through 16 are shown in the building.	
Rooms 1 through 16 are shown in the building.	
Rooms 1 through 16 are shown in the building.	



E.- PLANO DE DISTRIBUCION DE LAS INSTALACIONES  
DE LA PLANTA DE MOLIENDA  
(Plano N° M-3 )



UNIVERSIDAD DE GUATEMALA		
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS		
CARRERAS DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y MECÁNICA, INGENIERÍA EN QUÍMICA Y INGENIERÍA EN SISTEMAS DE COMPUTACIÓN		
DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE LA PLANTA DE MANUFACTURA		
Escuela: 1100	Fecha: 10/05/2017	Página: 17 de 17



C A P I T U L O

S E X T O

ECONOMIA

En este capítulo presentamos el análisis de la estructura económica de una Planta de Preparación de Harina de caliza para la corrección de Acidez de suelos, con fines agrícolas ubicada en las cercanías de la ciudad de Pucallpa (Coronel Portillo- LORETO).

Las estimaciones se han efectuado tomando como base un año de operaciones, a un nivel de producción igual a la tasa Actual (1975-1980) de incorporación de suelos útiles en la zona mencionada, 3000Ha agrícolas/ año, que corresponden a una producción de 45,000 TM. de Harina de Caliza por año.

La estructura económica comprende:

A.- Capital total de inversión

A1.- Capital fijo de inversión (activos fijos)

A2.- Capital de trabajo

B.- Costeo total de producción

B1.- Costos de operación

B1a.- Costos directos de producción (costos variables)

B1am.- Materia prima

B1an.- Servicios industriales

B1ao.- Labor operativa

B1ap.- Leyes sociales

B1aq.- Mantenimiento y reparación

B1ar.- Envase

B1as.- Transporte

B1at.- Laboratorio

**B1b.- Estimación de costos fijos**

B1bm.- Depreciación

B1bn.- Impuestos prediales

B1bo.- Seguros

B1bp.- Amortización

B1bq.- Intereses sobre préstamo

B1br.- Vigilancia

**B1c.- Recargo de planta**

B1cm.- Seguridad industrial y protección

B1cn.- Gastos médicos

B1co.- Servicios industriales

**B2.- Gastos generales**

B2a.- Gastos administrativos

B2 B2am.- Sueldo a personal de oficina

B2an.- Leyes sociales

B2b.- Gastos de distribución y publicidad.

**C.- Estimación de ingresos y egresos.- Utilidad**

**D.- Evaluación económica**

D<sub>1</sub>.- Retorno de la inversión

D<sub>2</sub>.- Tiempo de retorno

D<sub>3</sub>.- Punto de equilibrio



**A.- CAPITAL TOTAL DE INVERSION**

El capital total de inversión está constituido por el capital fijo de inversión (activos fijos), el capital de trabajo, cuya descripción se da a continuación :

**a1.- CAPITAL FIJO DE INVERSION**

La inversión de este capital comprende el conjunto de bienes que no son motivo de transacciones por parte de la empresa , cuya adquisición se hará durante la etapa de instalación de la planta, usandose a lo largo de su vida útil.

La inversión fija está conformada por los costos directos más los indirectos, los cuales están integrados por los siguientes ítems:

**A1a.- COSTOS DIRECTOS**

**Alam.- EQUIPO DE PLANTA**

Maquinaria

(Ver anexo N° 6)

S/. 12'113,539.00

**Alan.- FLETE**

Se refiere al traslado

del equipo de Lima a

Pucallpa, 5% del costo

del equipo.

363,340.00

**Alao.- INSTALACION DEL EQUIPO**

Se considera el 5% del  
costo del equipo de  
planta

S/. 1'817,030.85

**Alap.- TERRENO**

Planta de Molienda

Area: 80 x 150 mt.

Costo: S/.7.00/m<sup>2</sup>

84,000.00

**Alaq.- ACONDICIONAMIENTO DE  
TERRENO**

se considera el 10%  
del costo del equipo  
de planta. Incluye la  
rampa de aproximación  
de material.

1'211,353.90

**Alar.- MUEBLFS Y ENSERES**

Se estima lo primordial  
para oficina, laboratorio  
y herramientas para el  
taller de mantenimiento.

600,000.00

**Alan.- SERVICIOS INDUSTRIALES**

Dos grupos electrógenos a  
diesel con generador de  
20 KW cada uno, para la  
trituration, a razón de  
S/.522,000.00

S/. 1'044,000.00

Dos grupos electrógenos  
a diesel con genrador  
de 150 KW, para la plan-  
ta de molienda , razón de  
S/.1'850,000.00 c/u.

3' 700,000.00

**TOTAL**

S/. 4'744,000.00

**Alat.- INSTALACION DE SERVICIOS**

**INDUSTRIALES**

Se considera el 5% del costo  
del equipo de servicios.

237,200.00

**Alau.- EDIFICACION DE PLANTA Y**

**SERVICIOS**

Planta de trituration :  
(ver Anexo N° 7)

2'857,600.00

Planta de molienda :  
(Ver anexo N° 7)

2'734,500.00

**Total por edificación**

**5'592,100.00**

Alav.- IMPREVISTOS

Se ha considerado el 5%  
de l costo del equipo de  
planta

605,676.00

Alb.- COSTOS INDIRECTOS

Albm.- INGENIERIA Y SUPERVISION

5% de los costos directos 1'368,412.00

Albm.- COSTO DE DENUNCIO Y

EXPLORACION

(Ver anexo N° 5)

60,000.00

RESUMEN DEL CAPITAL FIJO DE INVERSION

Ala.- COSTOS DIRECTOS

Equipo d e planta	S/. 12'113,539.00
Flote:	363,340.00
Instalación del equipo	1'817,030.85
Terreno	84,000.00
Acondicionamiento del Terreno	1'211,353.90
Muebles y enseres	600,000.00
Servicios industriales	4'744,000.00
Instalación de servicios industri- ales	237,200.00
Edificación de planta de servicios	5'592,100.00
Imprevistos	605,676.95

---

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS: S/. 27'368,240.70

Alb.- COSTOS INDIRECTOS

Ingeniería y supervisión	S/. 1'368,412.00
Costo de denuncia y exploración	60,000.00

---

TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS S/. 1'428,652.00

Finalmente :

CAPITAL FIJO DE INVERSION : S/. 28'796,652.00

**A2.- CAPITAL DE TRABAJO**

El capital de trabajo ó circulante constituye el patrimonio en cuenta corriente que se necesitará para atender las operaciones de producción ó distribución del producto, o también puede decirse que son los fondos necesarios para el inicio ó arranque de la producción.

Una estimación muy aceptada para el capital de trabajo es tomar como el 20% del capital fijo de inversión, por lo que se tendrá :

Capital de trabajo - S/.0.20 (28°796,652.00)

- S/.5°759,330.40

Por lo que el capital total de inversión será de:

Capital total de inversión = S/.34°555,982.00

## B.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION

La estimación de los costos de producción se han realizado basados en parte a los datos proporcionados por P. Timmerhaus (33) y , en parte a la información tomada de los Sectores : Trabajo, Electricidad, Industria , etc.

El costo total de producción está dado por la suma de los costos de Operación más Gastos generales cuyo desarrollo es como sigue:

### B1.- COSTO DE OPERACION

Los costos de operación se han efectuado usando para una producción anual de 45,000 TM ( $16,981 \text{ m}^3$ ) realizadas durante un año de 300 días, de 16 horas de labor diaria.

Siendo:

Costo de operación = Costo Directos de producción +  
Costos fijos + Recargo de planta

### B1a.- COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION (COSTOS VARIABLES)

#### B1am.- MATERIA PRIMA

Está dado por el costo de extracción (Ver anexo N°5)

$$\begin{array}{rcl} \text{s/.200.0} & \times & 16.981 \text{ m}^3 \\ \text{m}^3 & & \text{año} \end{array} = \text{s/.3'396,200.00}$$

**Biam.- SERVICIOS INDUSTRIALES**

Dado por el consumo de  
combustible y lubricante

Combustible (Anexo N°8) S/. 242,340.00

Lubricante (Anexo N° 8) 422,550.00

Total 664,890.00

**Blaa.- LABOR OPERATIVA**

Sólo se considera el  
personal de planta.

(Ver Anexo N° 9) 942,650.00

**Blap.- LEYES SOCIALES**

Se considera el 60%  
de labor operativa.

Incluye seguro social,  
indemnizaciones, grati-  
ficaciones , vacaciones. 565,580.00

**Blaq.- MANTENIMIENTO Y REPARACION**

Se considera el 4% del  
capital fijo de inver-  
sión.

1'151,866.08

**Biam.- ENVASE**

900 millares de bolsas de  
papel de 4 pliegos, para  
50 Kg. a razón de S/.2.50

unidad 2'250,000.00



**Blas.- TRANSPORTE**

Transporte en chata de

400TM

Trafico : Agua caliente -

Fucallpa (rio

Pachitea-Ucayali)

Flete : S/.60.0/T M

Dato: Dirección de Transporte

Acustico del MTC)

Carga diaria: 150 TM

Costo anual :

S/.2'700,000.0

**Blat.- LABORATORIO**

Se considera el 20% de

labor operative

188,530.0

RESUMEN DE LOS COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

1.- Materia Prima	S/. 3'596,200.00
2.- Servicios industriales	664,890.00
3.- Labor operativa	942,650.00
4.- Leyes sociales	565,590.00
5.- Mantenimiento y reparación	1'151,866.00
6.- Envase	2'250,000.00
7.- Transporte	2'700,000.00
8.- Laboratorio	188,530.00
<hr/>	
TOTAL	S/.11'859,726.00

**B1b.- ESTIMACION DE COSTOS FIJOS**

Los costos fijos lo constituyen los siguientes items.

**B1bm.- DEPRECIACION MAQUINARIA**

10% anual a 10 años  
del costo del equipo  
de planat s/. 1'211,353.90

**EDIFICIOS**

3% anual a 10 años  
del costo de edifi-  
cación 239,634.00

**MUEBLES Y ENSERES**

10% anual a 10 años  
del costo de muebles 60,000.00

**B1bn.- IMPUESTOS PREDIALES**

Se considera aquí el 0,1%  
del capital fijo del  
inversión 28,796.00

**B1bo.- SEGUROS**

Se considera el 0.5% del  
capital total de  
inversión 172,779.91

**Bibp.- AMORTIZACION**

El tiempo de amortización se ha considerado igual al de la vida útil del equipo de planta. ó sea 10 años. Los pagos pueden hacerse en depósitos anuales uniformes , ó según lo convenido con los vendedores del equipo. Generalmente estos se efectúan a partir del segundo año de iniciada la producción.

**Bibq.- INTERESES**

Se ha considerado el 7% anual del capital total de inversión.

S/. 2'418,918.00

**Bibr.- VIGILANCIA**

Un obrero para cada planta en horario de tres turnos todo el año (365 días)

Planta de trituración

a razón de S/390.0/día:

142,350.00

Planta de Molienda a

razón de S/360.0/día

131,400.00

---

273,750.00

RESUMEN DE COSTOS FIJOS

1.- Depreciación	S/. 1'211,343.90
2.- Impuestos prediales	28,796.00
3.- Seguros	172,779.91
4.- Intereses	2'418,918.55
5.- Vigilancia	273,750.00
	<hr/>
	S...h'105,598.55

**Blc.- RECARGO DE PLANTA**

Blem.- Gasto de seguridad ,  
protección y primeros  
auxilios del personal  
de planta. Se considera  
el 15% del costo de  
labor operativa S/. 141,397.50

Blen.- Laboratorio de servicios 30,000.00

Bleo.- Facilidades de alma-  
cenaje 60,000.00

Blep.- Movilidad de personal 80,000.00

---

Total por Recargo de Planta S/. 311,397.00

**RESUMEN DE COSTOS GENERALES DE OPERACION**

1.- Costos directos de operación (Producción) S/. 11'859,726.08

2.- Costos fijos 4'105,598.55

3.- Recargo de planta 331,397.00

---

TOTAL DE COSTOS DE OPERACION : S/. 16'296,712.13

**B2.- GASTOS GENERALES**

Los gastos generales está dado por:

Gastos generales - Gastos administrativos y gastos de  
distribución y publicidad

**B2a.- GASTOS ADMINISTRATIVOS**

B2am.- Sueldo a personal  
administrativo

(ver anexo N° 9) S/. 486,000.00

B2an.- Leyes sociales

se considera el 60%

del sueldo del per-

sonal administrativo 291,600.00

**B2b.- GASTOS Y DISTRIBUCION**

**PUBLICIDAD**

B2bm.- Publicidad

Se ha considerado tres

veces por año. 90,000.00

B2bn.- Carga del producto a los

sistemas de transporte 200,000.00

**TOTAL DE GASTOS GENERALES / 1'067,600.00**

RESUMEN DEL COSTO DE PRODUCCION

1.- Costo de operación S/. 16'296,712.13

2.- Gastos generales 1'067,600.00

COSTO TOTAL DE PRODUCCION S/. 17'364,312.13

COSTO UNITARIO DE PRODUCCION S/. 17'364,312.13

900,000 bolsas

S/. 19.30/ bolsa



C.- ESTIMACION DE LOS INGRESOS, EGRESOS Y UTILIDAD

La estimación se ha realizado para el  
66.66% de la capacidad instalada.

C1.- INGRESOS

Venta anual de harina de Caliza  
en bolsas de 50 Kg. tomando un  
margen de ganancias del 60% sobre  
el costo unitario de producción;

Venta 900,000 Bolsas x S/.19.30 (1.6) S/.27'792,000.00

C2.- EGRESOS

Costo total de producción 17'364,312.13

C3.- UTILIDAD BRUTA

10'317,687.87

C4.- IMPUESTOS

Art. 10, DL 19620, 8.5% sobre  
la utilidad bruta

877,003.46

C5.- UTILIDAD NETA

9'340,684.41

**D.- EVALUACION ECONOMICA**

**D1.- RETORNO DE LA INVERSION**

La relación que define el retorno de la inversión es la siguiente:

$$r_a = \frac{\text{Utilidad Neta despues de impuestos}}{\text{Capacidad Total de inversión}} \times 100$$

$$r_a = \% \text{ de retorno anual sobre la inversión total}$$

Sustituyendo por los respectivos valores:

$$r_a = \frac{9'340,684.41}{34'555,982.00} \times 100$$

$$r_a = 27.03 \%$$

**D2.-TIEMPO DE RETORNO (PAY OUT TIME)**

Mediante este término se puede evaluar el número de años a los cuales se producirá el retorno del capital invertido a base de la ganancia neta.

El tiempo de retorno está definido como el inverso del retorno sobre la inversión, es decir:

$$R = \frac{1}{r_a}$$

$$R = 3.7 \text{ años} - 4 \text{ años}$$

**D3.- PUNTO DE EQUILIBRIO (BREAK EVEN POINT)**

El punto de equilibrio se calcula mediante la siguiente relación:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Ventas} - \text{Costo variables}} \times 100$$

en donde las ventas y costos variables se han calculado a 100% de la capacidad de la planta (ver Anexo N° 10)

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{4'105,598.55}{47'250,000.0 - 27'485,732.08} \times 100$$

$$\text{Punto de equilibrio} = 20.77\% - 21\%$$

que es el mínimo porcentaje de la capacidad a la cual la planta no observará ganancias ni pérdidas.

### CONCLUSIONES

Después de la elaboración del presente trabajo se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- a.- La eliminación gradual de los elementos básicos de los suelos de las regiones de alta precipitación pluvial tiene como consecuencia la acumulación de un residuo potencialmente ácido.
- b.- En cuanto al pH de un suelo, cuanto más concentrada esté la solución que remoje al suelo y más alta carga del catión, más delgada será la doble capa y más próxima estará la concentración de cationes sobre la superficie de la arcilla a la de la solución externa, y esto será válido para cualquier tipo de cationes existentes en la doble capa.
- c.- Los efectos de acidez se deben casi exclusivamente a factores de exceso de aluminio y manganeso soluble lo cual ocasiona factores de escases de calcio y fosfato utilizables.
- d.- Antes de realizar el empleo de suelos para operaciones de agricultura u otros (terraplenes de infraestructura vial según Terzagui) que requieren corrección de acidez debe decidirse el empleo de cal ó caliza, atendiéndose esto último desde el punto de vista económico.
- e.- La fertilidad de los suelos ácidos debe ser atribuida

no a la propia acción del aluminio, sino a las modificaciones de la alimentación de las plantas relacionada con la reacción del medio y particularmente con la deficiencia de calcio.

- f.- La caliza tiene una profunda influencia en muchos factores de productividad del suelo, su suelo debe considerarse como primer paso para un programa racional de fertilizantes de los suelos ácidos.
- g .- La eficiencia de la mayor parte de fertilizantes lo logran en un medio neutro.

RECOMENDACIONES

Se proponen las siguientes:

- A.- La creación de laboratorios regionales de análisis de suelos particularmente en la zona selvática en las cuales los suelos son francamente ácidos, a fin de proporcionar apoyo técnico en el uso adecuado de los fertilizantes.
- B.- Generalizar el uso de caliza en todas las áreas agrícolas y en las obras de infraestructura vial (terraplenes, carreteras y ferroviarios).
- C.- Ejecución de ensayos de corrección de acidez con caliza adecuadamente preparada en las regiones de los viales pluviales de los grandes ríos amazónicos, tales como el Ucaçali, Marañón, etc.



BIBLIOGRAFIA

- (1) ANTIC M.  
AVDA LOVIC V.      Effect of soluble and exchangeable  
aluminum on the nature and degree  
of acidity in acid brown on the  
Goo Mountain.  
Soil and Fertilizer 28: 430- 1965.
- (2) BANCHERO JULIUS T.  
BADGER WALTER L.      Introduccion a la Ingenieria Quimica  
Edt. Del Castillo SA- 1964. España  
Pag: 643, 683, 706, 716, 718.
- (3) BEAR FIRMAN E.      Química del suelo  
1ra. Edc. 1963. Edit. Interciencia  
España.  
Pag 211, 226, 277, 284.
- (4) BEAR FIRMAN E.      Suelos y fertilizantes  
2da. Edc. 1963. Edt. Omega SA.
- (5) BOYTON ROBERT S.      Chemistry and Technology of Lime  
and Limestone.  
1ra. Edc. 1966. Interciencia  
New York. Pag: 22, 103-105 y sgts.



- (6) BORNEMISZA E. Conceptos Modernos de la Acidez del suelo.  
Turrialba 15: 20-23: 1965.
- (7) BRICKER CLARK E.  
FIRMAN H. HOWELL  
WILLARD ROBERT Analisis Químico Cuantitativo  
4ta. Ede. 1963. Edt: Martin SA  
Pag: 381-383.
- (8) CANO OLAZABAL M. Evaluación de la fertilidad de los suelos del Perú  
Boletín técnico N° 78- Setiembre 1973. Ministerio de Agricultura.
- (9) CORTES JEAN Equipos de Extracción y preparación de minerales.  
Edt. Tecnico Asociados SA. España  
Pag : 4- 26.
- (10) CURTMAN LUIS J. Analisis Químico Cualitativo  
2da. Ede. 1963. Edt. Nacional -Mexico  
Pag: 388-389
- (11) DANA HOLMBURT Manual de Mineralogia  
2da. Ede. 1960. Edt. Reverté SA.  
España.  
Pag: 334-345

- (12) DEMOLON A. Dinamica del suelo  
Tomo I, 5ta Ede. 1965. Edit Omega SA  
España.  
Pag 41- 43; 110,119,122; 283-289; 271.
- (13) DRYDEN CHARLES  
VILBRANT FRANK Ingenieria Quimica del diseño de Plantas  
Ira. Ede. 1959. Edit. Grijalbo S.A.  
Mexico.  
Pag : 107,109,110,113,286,287, 387.
- (14) FRANKLIN L.D. Effect of fineness of agricultural Lime.  
Agronomy Journal 43: 25- 55; 1951.
- (15) GAUCHER G. El suelo y sus características Agro-  
nómicas.  
Ira. Ede. 1971.- Edit. Omega SA. España  
Pag: 107,108,236,305-313.
- (16) GRIM RALPH E. Applied Clay Mineralogy  
2da. Ede. 1953. Edit Mac Graw Hill Co.  
Pag: 8,8,23, 25 y siguientes.
- (17) GRIM RALPH E. Clay Mineralogy  
Ira. Ede. 1953. Edit. Mc Graw Hill Co.  
Pag 16, 17, 27, 28,29, capitulo IV.

- (18) HALL A.D. Estudio Cientifico del suelo  
5ta. Ede. 1961 . ED. Aguilar . España  
Pag: 60, 61, 62.
- (19) HERPKE W.  
HERRE O. La escuela del Tecnico Mecanico  
Maquinas elevadoras.- Tomo V  
2da. Ed. 1944. Edit. Labor SA.-  
Argentina; pag : 231-241.
- (20) HUTCHINSON FEK  
HUNTER A.S. The eddect of lime rate on soil pH and  
aluminum levels on yield and chemical  
composition of six crops especies.  
Agronomy Abstract 1968. Pag 196
- (21) HUANG WALTER Petrologia  
1ra. Ed. 1968.- Edit : Centro Regional  
de Ayuda Tecnica.  
Mexico.
- (22) JACKSON M.L. Analisis quimico de los suelos.  
2da. Ede. - 1970- Edit Omega S.AS  
España .- Pag 30 y siguientes.

- (23) KANPRATH E. Acidez del suelo y su respuesta al Encalado.  
Boletín N° 4.- Proyecto Internacional del analisis de suelos.  
Pag 22, Lima Perú 1967.
- (24.) KRAUS EDWARD H.  
HUNT WALTER F.  
RAMSDALL LEWIS S. Mineralogia  
5ta. Ed. 1965. Edit MacGraw Hill Co.  
Pag: 195, 196, 317, 318, 319.
- (25) KIRK OTMER Enciclopedia Tecnologica de Quimica  
Ira. Edición 1962- UTEHA  
Tomo II, pag 457 y siguientes.
- (26.) LIN C.  
COLEMAN H.T. The measured of exchangeable  
aluminum in soil and clay.  
Soil Sci. Soc. Amer. Proc.  
25: 14-17 ; 1970.
- (27) LIN J.S.  
YU J. The nature of soil acidity in relation  
to exchangeable aluminum and Nitrogen  
soil and Fertilizer.  
21: 3 : 1958.

(28) LOVE KATHERINE S.

WHITEHEAD COLIN W.

Agricultural Limestone surface  
and Reactivity of Limestone.  
Agricultural and Food Chemistry  
Vol. 2 N° 25, December 8, 1954.

(29) MARSHALL P.

PAVER S.

The rol of Aluminum in the reac-  
tion of the clay  
J. Soc. Chem Ind. 53: 750-760;  
1954.

(30) MC ADAMS W. - H. GUILLARD

LEWIS W. - WALSH WILLIAM

Principios de Ingenieria Quimica  
3ra. Edc. 1963.- Edt. Conti-  
nental S.A. - Mexico.  
Pag: 294- 297 y siguientes.

(31) Mc GABE WARREN

SMITH JULIAN C.

Operaciones Basicas de Ingenieria  
Quimica  
2da. Edc. 1969; Edit. Reverté SA.  
España.- Vol II Pag : 844 y sgts.

- (32) ONERN  
Inventario de Estudios de Suelos  
del Perú.  
Oficina Nacional de Evaluación de  
Recursos Naturales.  
Agosto, 1969.
- (33) PETERS MAX  
TIMMERHAUS KLAUS  
Plants Desing and Economics for  
Chemical Engineers.  
2da. Edt. 1968. Edit McGraw Hill Book  
Co.- Pag: 95,96; 115, 116 - 195.
- (34) PERRY MC-N-CHILTON  
KIRK PATRICK  
Chemical Engineer's Handbook  
4ta. Edit. 1963. Edit McGraw Hill Co
- (35) PRYOR E.J.  
Mineral Procesing  
3ra. Edición - 1965- Edit Elsevier  
Publishing Co. L.M.T. E.U.  
Pag: 31,37,38,y sgts.
- (36) RIEGEL EMIL R.  
Chemical Procesa Machinery  
2da. Edición - 1953- Edit. Reinhol  
Publishing Corporation E. E. U. U.  
Pag: 29, 33, 90, 93.

- (37) ROBINSON J.H.      The effect of Aluminum on the  
growth of certain legumes especies.  
Soil and Fertilizer  
25: 5 - 1958.
- (38) RUSSELL JOHN  
RUSSELL WALTER      Las condiciones del suelo y el  
Desarrollo de las Plantas.  
2da. Edc. 1959. Edit : Aguilar -España  
Pag: 111-130.
- (39) SMITH J.C.      Size Reduccion  
Chem Eng. Report  
58(8) : 151 : 1952
- (40) TAGGART ARTHUR      Elements of Ore Dressing  
1ra. Edc. 1951; Ed. John Wiley Co.  
Pag : 20,21.
- (41) TRUG H.      Soil Reaction influence on  
Available of Plant Nutrients Soil  
Sc. Proceeding.  
1946; 11: 305.
- (42) WAGANOFF NICOLAS      Tpituación , Molienda y Separación  
de Minerales.  
1ra. Edc. 1956. Edt. Alsina - España  
Capitulo : III, VI.

- (43) WEBSTER N.P. Surface areas relative solubility  
of Agriculture Limestone
- (44) WOODING ROBINSON G. Los suelos , su origen, constitución,  
y clasificación.  
1ra. Edu. 1960. Edit. Omega S.A.  
España  
Pag : 147- 159, 254-255.





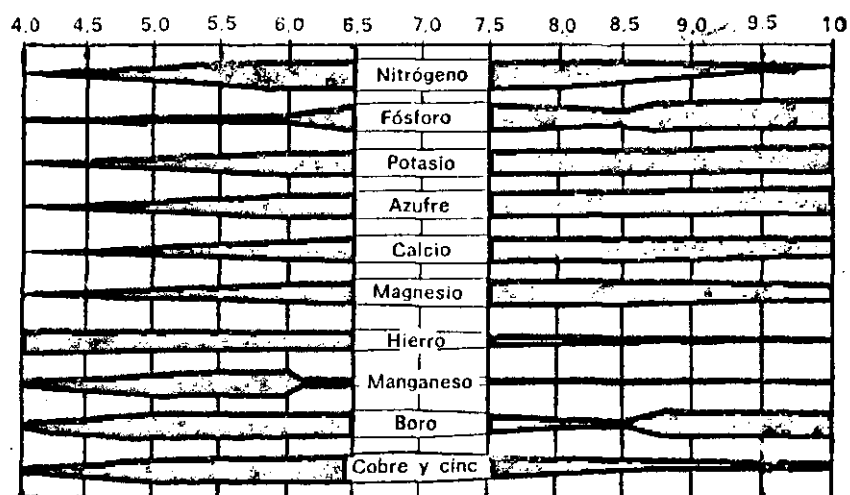
-161-

AMELOS

# A N E X O N° 1

## INFLUENCIA DE LA REACCION DEL SUELO SOBRE LA ASIMILIBILIDAD DE LOS ELEMENTOS NUTRIENTES

El siguiente esquema , propuesto por Truog ( ) expresa la relación que existe entre el pH y la asimilibilidad de los elementos nutrientes. La anchura de la franja representativa de cada elemento es proporcional a su asimilibilidad correspondiente al pH.



Anexo N° 2

LIMITE DEL pH FAVORABLE PARA DIFERENTES CULTIVOS

No todos los cultivos requieren igual valor de pH para su desarrollo óptimo, notandose que muchos de ellos lo alcanzan entre el rango de 6.5 a 7.0.

El siguiente cuadro muestra el límite del pH favorable para diferentes cultivos:

Aguacate	6.5 a 7.5
Ajo-porro	6.5 a 8.0
Alfalfa	6.0 a 7.0
Algodón	6.0 a 8.0
Apio de hoja	6.0 a 6.5
Arroz	6.0 a 7.0
Batata	4.8 a 5.4
Berenjena	6.0 a 7.0
Berza-f orrajera	6.5 a 7.5
Brécol	6.0 a 7.0
Café	5.5 a 6.5
Calabaza	6.5 a 8.0
Caña de azúcar	6.0 a 8.0
Cebolla	6.5 a 7.0
Coliflor	5.5 a 6.6
Durazno	6.5 a 8.0
Esparrago	6.0 a 7.0
Espinaca	6.0 a 6.5

Fresa	5.0 a 6.0
Girasol	6.0 a 8.0
Grape-fruti	5.0 a 7.0
Guisante	6.0 a 8.0
Habas	6.0 a 7.0
Habas de Lima	5.3 a 6.0
Lechuga	5.0 a 6.0
Maíz	6.0 a 7.0
Maní	5.0 a 6.0
Manzana	6.5 a 8.0
Melón	6.0 a 8.0
Nabo	6.5 a 8.0
Naranja	5.5 a 7.0
Papas	4.7 a 5.4
Patilla	6.0 a 7.0
Perejil	6.0 a 8.0
Pimenton	6.0 a 6.5
Piña	5.0 a 6.0
Quimbombó	6.0 a 8.0
Rábano	6.0 a 8.0
Remolacha	5.8 a 8.0
Repollo	6.5 a 7.0
Soya	5.5 a 6.9
Tabaco	6.5 a 7.5
Tomate	6.0 a 7.0

Trébol	6.0 a 7.0
Trigo	6.0 a 7.0
Uva	6.5 a 8.0
Yuca	6.5 a 8.0

A N E X O    N° 3

RELACION DE INDICES DE pH DE DIFERENTES LUGARES DEL PERU

A continuación se muestra los valores de índices de pH de diferentes lugares del Perú, los cuales figuran en el Boletín Técnico N° 78, setiembre 1973 (Evaluación de Fertilidad de los suelos del Perú).

Haciendo presente que los valores estan definidos por:

RELACION DEL SUELO	ACIDO	NEUTRO	ALCALINO
pH	2.5 - 6.5	6.6 - 7.5	7.6 a más
Indice de pH	1.00 - 1.80	1.81 - 2.20	2.21 a 3.50

Zonas Agrarias	Agencias de Extensión	pH
I	La Unión	2.71 Alc
I	Tumbes	2.63 Alc
I	Piura	2.79 Alc
I	Zarumilla	1.66 N
II	Bagua	2.77 Alc
II	Chota	1.38 Ac
II	Chongoyape	2.53 Alc
II	Ferreñafe	3.00 Alc
II	Jayanca	2.38 Alc
II	Jaén	2.42 Alc
II	Lambayeque	2.63 Alc
II	Motupe	2.90 Alc
II	Oyotún	1.51 Ac
II	Zaña	2.95 Alc
II	San Cruz	1.43 Ac
III	Cajahamba	1.95 N
III	Cabana	1.61 Ac
III	Cajamarca	1.82 N
III	Casma	2.77 Alc

Zonas Agrarias	Agencias de Extensión	PH
III	Contumaza	1.66 Ac
III	Celendin	1.58 Ac
III	Chimbote	2.63 Alc
III	Huamachuco	1.31 Ac --
III	Orozco	1.39 Ac --
III	Pailón	3.00 Alc
III	San Pedro de Lloc	2.97 Alc
III	Santiago de Chuco	1.25 Ac --
III	Tayabamba	1.72 N
III	Trujillo	2.75 Alc
III	Viri	3.00 Alc
III	Chepén	3.00 Alc
IV	Aija	1.96 N
IV	Barranca	2.83 Alc
IV	Canta	2.04 N
IV	Cañete	2.96 Alc
IV	Caraz	1.67 Ac --
IV	Chiquián	2.00 N
IV	Huacho	2.91 Alc
IV	Huaral	2.84 Alc
IV	Huaraz	1.32 Ac --
IV	Mala	2.82 Alc
IV	Matucana	2.62 Alc
IV	Lima	2.54 Alc
IV	Yauyos	2.39 Alc
IV	Yungay	1.85 N
IV	Recuay	2.48 Alc
IV	Huaura	2.78 Alc
V	Acari	2.99 Alc
V	Caraveli	3.10 Alc
V	Coracora	1.65 Ac --
V	Chilcha Alta	2.97 Alc
V	Chincha Baja	3.01 Alc
V	Ica	3.01 Alc
V	Nazca	2.79 Alc
V	Palpa	2.85 Alc



Zonas Agrarias	Apellidos de	Vit
V	Pisco	3.00 Alc
V	Puquio	2.01 N
VI	Arequipa	2.60 Alc
VI	Mejía	2.28 Alc
VI	Tiabaya	2.28 Alc
VI	Sabandía	2.24 Alc
VI	Ocoña	2.79 Alc
VII	Moquegua Alto	2.79 Alc
VII	Moquegua Medio	3.00 Alc
VII	Moquegua Bajo	2.79 Alc
VII	Ilo	2.79 Alc
VII	Tarata	2.79 Alc
VIII	Iquitos	1.07 Ac —
VIII	Pucallpa	1.02 Ac —
IX	Tarapto	2.70 Alc —
IX	Tingo María	1.34 Ac —
IX	Yurimaguas	1.10 Ac —
X	Ayacucho	2.05 N
X	Huancayo D	1.71 Ac —
X	Huancayo I	1.99 N
X	Huanta	2.69 Alc
X	Huánuco	2.11 N
X	Jauja	1.00 N
X	Gasparpampa	1.49 Ac —
X	Pampas	1.97 N
X	Saipo	1.51 Ac —
X	Tarma	2.00 N
XI	Abancay	2.10 N
XI	Andahuaylas	2.30 Alc
XI	Anta	1.01 Ac —
XI	Calca	2.72 Alc
XI	Corahuasi	2.54 Alc
XI	Cusco	1.63 Ac —
XI	Chinchipe	2.04 N
XI	La Convención	1.23 Ac —
XI	Sicani	2.20 N
XI	Quechabanchis	1.84 N
XI	Puerto Maldonado	1.18 Ac —
XI	Yanaoca	2.08 N
XI	Kosnipata	1.20 —
XI	Urubamba	2.50 Alc
XI	Puncartambo	1.17 Ac —
XII	Puno	1.35 Ac —
XII	Ilave	1.73 N

ANEXO N° 4

En el presente mapa titulado Mapa Geológico Generalizado del Perú corresponde a la Sinopsis de la Geología del Perú " del Servicio de Geología y Minería (Ministerio de Energía y Minas) Boletín N° 22-1969, se ha precisado la ubicación de los yacimientos calizos nombrandose con la letra A "Agua caliente" en el río Pachitea, con "B" , "El Oriente"; cerca de Contamana y con C de "Pirococha", al sur de Orellana éstos dos últimos ubicados en el Valle fluvial del río Ucayali.

No de otra manera se habría podido rellevar el valor logístico de los mencionados yacimientos, comenzando por la presencia de las potentes vías fluviales del Pachitea, Ucayali, etc; y afluentes , todos capaces de reportar las ventajas económicas del transporte hídrico.

ANEXO N° 5

COSTO DE DENUNCIO Y EXPLOTACION

A.- COSTO DE DENUNCIO

Se estima a que el denuncia se realice sobre un área de 800 Há (8 Km<sup>2</sup>), ver dibujo N° T-1 :

De acuerdo a la Ley de Minería, D.L/ N° 18880, Capítulo II, Art. N° 81 y 82, se tiene :

Costo de consecución de Explotación - Derecho de denuncia +

Derecho de tramitación

S/. 3.00  
Há x 800 Há +

S/.220.00

S/. 2,620.00

Canon territorial Anual - S/.30.0 / Há x 800 Há - S/.24,000.00

Costo de denuncia - S/. 26,620.00

B.- COSTO DE EXPLOTACION

Los costos de exploración comprende entre otros los gastos por, muestreo, cubicaje, muestreo, peritaje, análisis, planos, etc, y se ha estimado en :

Costo de exploración - S/.60,000.00

COSTO DE MATERIA PRIMA

El costo de materia prima esta dado por el costo de extracción , siendo esto realizado por contrato y estimado en:

Costo de Extracción = 3/. 200.00/ m<sup>3</sup>

ANEXO N° 6

COSTO DEL EQUIPO DE PLANTA

Los costos que a continuación detallamos han sido obtenidos de : Consorcio Metalurgico S.A/ (COMENSA), MAGENSA, DELCROSA, EQUIPOS INTERNACIONALES SA. y otras dedicadas a la fabricación de estos equipos.

1.- EQUIPO DE REDUCCION DE TAMAÑO

Dos chancadoras de mandíbulas tipo H

15" x 9" de 10 TM/hr, doble articulación y para un motor de 15 Hp  
A razón de S/.800,000.00 cada una  
(sin motor)

S/. 1'600,000.00

Un molino de bolas 6'x 8'(medida entre forros) con forros y bolas transmisión por poleas y fajas en "V" para un motor de 150 Hp.  
(sin motor)

2'950,000.00

Un motor de 150 Hp, 900 RPM; 3/60/  
440-220 con arrancador

609,600.00

Dos motores de 15 Hp , 900 RPM,  
3/60/440-280, a razón de  
S/.110,000.00 unidad

220,000.00

Total

---

S/. 5'379,600.00

2.- EQUIPO DE SEPARACION MECANICA POR TAMAÑOS

Un emparrilado de 7 m x 7 m con 8"	
de espaciamento, construido con	
railes de I	S/. 70,000.00
Un grizzly de 0.84 m. x 1.34 y 2" de	
luz, construido con barras de	
acero de seccion 3/8" x 3/4" x 3"	35,000.00
Total	S/. 105,000.00

5.- EQUIPO DE MANIPULACION DE MATERIAL

Un alimentador vibratorio Jeffrey- Traylor de 0.5 m x 1.4 m para 15 TM/hr y con moto-reductor de 2 Hp . 44/60/440-220	S/. 150,000.00
Un elevador de cangilones , 16.6m entre centros, con capacidad de 13.4 TM/hr. para un motor de 2 Hp (sin motor) y con des- carga móvil.	239,000.00
Un moto-reductor de 2 Hp, 44/60/ 440-220	58,939.00
Cuatro alimentadores vibratorios Jeffrey -Traylor para ensacado de 25 cm. x 45 cm para 8TM/hr con moto-reductor de 1/4 Hp , 44/60/440-220, a razón de 3/. 8,500.0 c/u.	255,000.00
Total :	693,939.00

4.- EQUIPO DE ALMACENAMIENTO

Una tolva (N°1) de madera con capacidad para 170 m <sup>3</sup> /día de caliza, refuerzos de acero y recubierta infero- interior con planchas de fierro de 3/4"	S/. 60,000.00
Una tolva (N°2) de madera con capacidad para 170 m <sup>3</sup> de fragmentos calizos d e 2" , con refuerzos de acero y protección interior con planchas de fierro fundido	50,000.00
Una de 1/4" de espesor.	
Una tolva (N°3) construida de planchas de acero con capecidad para 172 m <sup>3</sup> .Espesor d e planchas 1/4"	300,000.00
Una tolva (N°4) para finos, con cuatro compartimientos, de 150 m <sup>3</sup> construido con planchas de acero de 1/4".	1'000,000.00
Total	1'410,000.00



5.- EQUIPO AUXILIAR

5a.- PLANTA DE TRITURACION

Tres tanques Eternit para agua de  
consumo industrial de 1000 lt.  
cada uno, a razón de S/4,500  
unidad.

S/. 13,500.00

5b.- PLANTA DE MOLIENDA

Un tanque para petróleo diesel N° 2  
con capacidad de 5000 galones,  
de construcción nacional.

150,000.00

Tres tanques Eternit para agua de  
consumo industrial, 1000 lt.  
cada uno, a razón de S/.4 500.  
unidad.

13,500.00

Tres balanzas -plataforma de de 120 Kg  
a razón d e S/.24,000.00 unidad

72,000.00

Un cargador frontal (Pay Loader)  
Internacional H-65C, con capa-  
cidad de 2 yardas cúbicas.

2°276,000.00

Dos camiones volquete Dodge-900  
con capacidad de 15 TM a razón  
de S/.800,000.00 unidad

1°600,000.00

Una balanza con capacidad para  
20 TM. de 4.5 m x 2.8 m.  
con cabezales de barras ,  
incluyendo plataforma

400,000.00

Total

S/. 4'525,000.00

RESUMEN DE COSTOS POR EQUIPO DE PLANTA

1.- Equipo de reducción d.e. tamaño	s/. 5'379,600.00
2.- Equipo de separación mecánica	105,000.00
3.- Equipo de manipulación de material	693,939.00
4.- Equipo de almacenamiento	1'410,000.00
5.- Equipo auxiliar	4'525,000.00

---

TOTAL POR EQUIPO DE PLANTA 12'113,539.00

ANEXO N° 7

COSTO DE EDIFICACION PARA MAQUINARIAS, OFICINAS Y SERVICIOS

A.- PLANTA DE TRITURACION

	Area	Costo	Costo total
	m <sup>2</sup>	S/./m <sup>2</sup>	S/..
<b>1.- Oficinas y servicios:</b>			
Oficina (incluyendo los	87	2000.00	160,000.00
servicios a aniterios			
Guardiania	80	2000.00	174,000.00
<b>2.- Maquinaria</b>	236	2500.00	590,000.00
<b>3.- Servicios industriales</b>			
Casa de fuerza	42	2000.00	84,000.00
Taller de mantenimiento			
y reparación	120	300.00	36,000.00
<b>4.- Viviendas para empleados</b>			
y obreros	800	2000.00	1,600,000.00
Almacen	210	600.00	129,600.00

Costo general por edificación = S/. 2'857,600.00

**B.- PLANTA DE MOLIENDA**

	Area m <sup>2</sup>	Costo <u>S/.</u> <u>m<sup>2</sup></u>	Costo total  S/.
<b>1.- Oficina y servicios</b>			
Administración, dirección y laboratorio	140.00	1800.00	252,000.00
Control	20.00	1800.00	36,000.00
Guardiana	62.50	1800.00	112,500.00
Comedor-vestuario	98.60	1800.00	177,480.00
Servicios sanitarios	30.00	1800.00	54,000.00
<b>2.- Maquinaria</b>	540.00	2500.00	1,350,000.00
<b>3.- Servicios industriales</b>			
Casa de fuerza	64.00	1800.00	115,200.00
Taller de mantenimiento y reparación	72.00	1800.00	144,200.00
Almacén	289.00	1000.00	289,000.00
Tanque de petróleo	9.00	1000.00	9,000.00
Cancha de almacenamiento	225.00	468.00	105,300.00
<b>4.- Cercado de planta</b>	90.02	1000.00	90,020.00

**Costo total por edificación - S/ 2,734,500.00**

ANEXO N° 8

SERVICIOS INDUSTRIALES

A.- CONSUMO DE COMBUSTIBLE (DIESEL N° 2)

	CONSUMO	
	Gal/día	Gal/año
Planta de Trituración	28.0	8,400.00
Planta de Molienda	202.8	60,840.00
Total	203.8	69,240.00

COSTO ANUAL DE COMBUSTIBLE

Costo - 69,240.0 gal x 3.50 S/. - S/.242,340.0/año  
año gal

B.- CONSUMO DE LUBRICANTE (DELVAT 1130-Mobil oil)

	CONSUMO	
	Gal/día	Gal/año
Planta de trituración	1.07	321.0
Planta de Molienda	8.32	2,497.0
Total	9.39	2,817.0

COSTO ANUAL POR LUBRICANTE:

Costo - 2,817.0 gal x 150.0 S/. - S/.422,550.00  
año gal

ANEXO N° 9

COSTO DE LABOR OPERATIVA

A.- PERSONAL DE PLANTA

A1.- PLANTA DE TRITURACION

Empleados

1 Mecánico -Electricista con haber  
mensual de S/.8,000.00 S/. 96,000.00

Obreros

1 Capataz de Planta con  
S/.250.00/Jornal 91,250.00

2 Conberos alimentadores con  
S/.140.0 /Jornal, c/u. 102,200.00

A2.- PLANTA DE MOLIENDA

Empleados:

1 Ingeniero Jefe de Planta con  
haber mensual de S/.22,000.00 264,000.00

1 Mecanico-electricista con haber  
mensual de S/.7,500.00 90,000.00

Obreros

1 Tolvero -molinero a S/.160.00/Jornal

2 Operarios paravensacado a razón de  
S/.120.00/Jornal, c/u. 87,600.00

2 Choferes para los camiones-

Volquete a S/140.00/jornal	102,100.00
----------------------------	------------

1 Chorfer para el Pay Loader con	
----------------------------------	--

S/.140.00/Jornal	51,100.00
------------------	-----------

---

TOTAL POR PERSONAL DE PLANTA:	S/. 942,650.00
-------------------------------	----------------

B.- PERSONAL ADMINISTRATIVO

1 Oficinista (contabilidad) con haber

mensual de S/.10,000.00	120,000.00
-------------------------	------------

1 Laboratorista con haber mensual de

S/.8,000.00	96,000.00
-------------	-----------

2 Oficinistas con haber mensual de

S/.7,500.00, c/u.	180,000.00
-------------------	------------

1 Oficinista- vendedor con haber mensu-

al de S/.7,500.00	90,000.00
-------------------	-----------

---

TOTAL POR PERSONAL ADMINISTRATIVO:	S/. 486,000.00
------------------------------------	----------------





ANEXO N° 10

RESUMEN DE COSTOS VARIABLES A 100% DE LA CAPACIDAD INSTALADA

1.- Materia prima (29,245.0 m <sup>3</sup> :)	S/. 55849,056.00
2.- Servicios Industriales	700,000.00
3.- Labor operativa	1'413,975.00
4.- Leyes Sociales	848,385.00
5.- Mantenimiento y Reparación	1'151,866.00
6.- Envase (1'350,000 bolsas)	3'375,000.00
7.- Transporte	4'050,000.00
8.- Laboratorio	300,000.00

---

TOTAL DE COSTOS VARIABLES: S/. 17'688;282.00

VENTAS A 100% DE LA CAPACIDAD INSTALADA

Ventas - 1'3 50,000 Bolsas x 30.88 S/.  
Año bolsa

Ventas - S/. 41'688,000.00/ año